DIE

PHYSIK IN DER MEDICIN.

VERSUCH EINER ELEMENTAREN DARSTELLUNG DER

ORGANISCHEN NATURLEHRE.

FÜR AERZTE, NATURFORSCHER UND STUDIRENDE.

VON

THEODOR HOH

Dr. med., Prof. d. Physik.

STUTTGART.

VERLAG VON FERDINAND ENKE.

1875.

Druck von Junge & Sohn in Erlangen.

Vorrede.

Das ganze *organische Leben* in seinen verschiedenen Erscheinungsformen und Erweisungsarten vom *physikalischen* Standpunkte aus darzustellen, oder die auf letzterem über *Stoffe* und *Kräfte* gewonnenen Anschauungen in dem durch das anscheinende Moment der Willkür imponirenden Reihe der *thierischen* und *pflanzlichen* Wesen als ausschliessliche Erklärungsprincipien anzuwenden, ist eine Aufgabe von höchster wissenschaftlicher Bedeutung aber von grosser Schwierigkeit, welche ebenso sehr in der ungeheuren Fülle des Materiales, als in der nicht leichten Handhabung der methodischen Mittel begründet liegt. Eine wirkliche Lösung derselben dürfte deshalb wohl auch besseren Kräften, als der meinigen, zur Zeit unmöglich sein; ein Versuch der Bearbeitung aber schien mir aus weiter zu besprechenden Gründen um so weniger überflüssig, als eine übersichtliche Darstellung der betreffenden Kenntnisse, weder zu besondren Zwecken der *medicinischen Praxis* noch in der systematischen Form einer zwar speciell angewandten doch allgemein gehaltenen *Experimentalphysik* — meines Wissens bisher die beiden einzigen Behandlungsarten des fraglichen Problemes —, sondern in so möglichst gleichmässiger Berücksichtigung menschlicher, thierischer wie pflanzlicher Erscheinungen und Bedürfnisse, dass wenigstens die Anstrebung einer allgemeinen *organischen Naturlehre* hervorleuchte, in der gegenwärtigen Literatur mir nicht bekannt ist. Auch bei dieser Erweiterung des Gesichtkreises liegt das Meiste in den *medicinischen* Grenzen und selbst für das, was darüber hinausfällt, darf kaum anderswo als bei *Aerzten* und den ihren Bestrebungen zunächst stehenden *Naturforschern* auf Theilnahme gerechnet werden, so dass erlaubt schien, den *Haupttitel* vom umfangreichsten und wichtigsten Inhalt der Schrift herzu-

leiten. Ob dieser wie die universalere Tendenz derselben zu einiger Wirksamkeit gelangen kann, hängt abgesehen von der factischen Entscheidung des Erfolges in rein theoretischer Erwägung sowohl von objectiven als subjectiven Momenten ab. —

In erster Hinsicht ist davon auszugehen, dass im Vergleich zur *physio- und pathologischen Chemie* die nicht weniger bedeutsame *Physik* auf *medicinischem* Felde noch allzusehr im Hintergrunde steht; nicht als ob die nach Verlauf und Erfolg gleich hohe Vortrefflichkeit exacter Forschungen physikalischen Geistes, wie er *Ludwig, Helmholtz, du Bois-Reymond* beseelt, unterschätzt würde, sondern nur in dem Sinne, dass die namhaftesten Leistungen im Lichte der Aussergewöhnlichkeit strahlend mehr mit Bewunderung als eingehendem Verständniss von Vielen betrachtet werden. Dies kann kaum anders sein, wenn die Gelegenheit zur Erwerbung mathematisch - physikalischer Bildung erwogen wird, welche theoretisch wie praktisch auf der regelmässig dem Mediciner vorgeschriebenen Laufbahn selbst jetzt, wo an den meisten Hochschulen systematische Uebungscurse bestehen, deshalb als eine geringfügige, im Allgemeinen, unbeschadet natürlich achtungswerther Besonderheiten, mit schwachen Resultaten benützte zu bezeichnen ist, weil die elementare Vorbereitung darauf grossentheils anderweitigen hier weniger wichtigen Stoffen und Beschäftigungen geopfert zu werden pflegt. Bevor dies wissenschaftlich oder pädagogisch methodische Grundübel nicht gehoben ist, gibt es nur Ein der radicalen Hilfe gegenüber freilich sehr unmächtiges Mittel, den *physikalisch-medicinischen* Kreis zu erweitern, nämlich die *Zugänglichmachung* der betreffenden Forschungen und ihrer wichtigsten Errungenschaften in einer Darstellungsform, welche möglichst ohne Voraussetzung höherer mathematischer Kenntniss und Gewandtheit verständlich und ansprechend sein soll, doch einer zuweilen übel angebrachten Popularität an entscheidender Stelle die Gründlichkeit und den ernsten, des Kalküls nicht gänzlich entrathenden, Stil keineswegs opfern darf. Dabei scheint genügend, aus dem von der Physik für die Medicin oder für das gesammte, diese mehr oder weniger interessirende, organische Reich Geleisteten das Beste auszuwählen, Untergeordnetes wie specielle Wege der Anwendung nur anzudeuten, überhaupt nicht sowohl eine bei solch umfassendem Stoff einem Einzelnen kaum mögliche Vollständigkeit, als eine orientirende Uebersicht zu erzielen. Die mitgetheilten *Thatsachen* können, wo es sich um Darlegung des factischen Wissensbestandes vornehmlich handelt, nur die, nach dem in der Sachlage selbst begründeten literarischen Gebrauch, von jedem Lehrbuch aufgenommenen Entdeckungen und Feststellungen der grossen Meister sein, deren *Methoden* selbst nur selten einer Verbesserung oder Vereinfachung fähig erscheinen. Derartige Registrir-

ungen fremder Errungenschaften, auch mit kleinerer Ausdehnung oder secundärem Range sind immer quellenmässig bezeichnet und wird, wenn irgendwo desfalls eine Unterlassung begangen sein sollte, ausdrücklich die Unabsichtlichkeit und Bereitwilligkeit jeder möglichen Abhilfe zugesichert. Geprüft und angewandt indess, und zwar sowohl in den experimentalen Arbeiten des Laboratoriums als im Unterricht sind fast alle vorgeführte Erscheinungen und Gesetze, und gegenseitig abgewogen oder in ihrer weiteren Entwicklungsfähigkeit beurtheilt wurden sämmtliche Theorien mit möglichster Vorsicht und Selbständigkeit. In den für gewisse principielle, in physikalischem Geiste erstrebenswerthe, Auffassungen massgebenden Ansichten und Schlussfolgerungen wurde eine Entschiedenheit des Ausdruckes angenommen, welche sich hoffentlich von Ueberhebung und Schroffheit fern hält, aber beim gegenwärtig acut gewordenen Kampfe an den Grenzgebieten philosophisch-religiöser und naturwissenschaftlicher wie culturfortschrittlicher Erwägungen einer Deutlichkeit nicht ermangeln durfte, welche in meinen Verhältnissen als vielfach ungern gehörte Berufung an die absolute Freiheit des Geistes und der wissenschaftlichen Forschung vielleicht nicht ganz unbedenklich ist. — Dies führt mich zu dem in zweiter Linie angedeuteten subjectiven Punkte der einleitenden Betrachtung. —

Die erste Veranlassung für mich, in der gegebenen wissenschaftlichen Richtung eine persönliche Arbeit zu versuchen, war eine Besprechung mit dem geehrten und verdienten, leider so früh verstorbenen Chef des auf dem Titelblatt angegebenen Verlages, in welchem 1866 ein vornehmlich für meine Vorträge am hiesigen Lyceum, einem aus philosophischer und theologischer Abtheilung bestehenden Rest der früheren Bamberger Universität, bestimmtes Compendium der Physik erschienen war. Ich theilte Herrn Ferdinand Enke eine später erweitert in der Cotta'schen deutschen Vierteljahrschrift erschienene Abhandlung über die physikalische Methode in der Medicin mit, die an massgebender Stelle Beifall fand. Eine umfangreichere Ausarbeitung des Planes scheiterte zuvörderst an den, nur dürftige literarische und experimentale Hilfsmittel gewährenden, Verhältnissen meiner Stellung, welche später insofern sich besserten, dass von meinen Vorgesetzten, denen ich dafür zu Dank verpflichtet bin, mir gestattet wurde, für drei Jahre meine in der Stundenzahl entsprechend vermehrten Vorträge auf die Wintersemester zu beschränken, den Sommer aber zu wissenschaftlichen Bestrebungen auswärts zuzubringen, denen ich bei meinen Lebens- und Gesundheitsverhältnissen unter nicht geringen Opfern in den Hörsälen, Laboratorien und Bibliotheken von Leipzig und Berlin mit vielfachen äusserlichen und inneren Hemmungen obzuliegen bestrebt war. Ich überzeugte mich allerdings bald, dass

die bedeutend veränderte wissenschaftliche Technik und der riesenhaft angewachsene Umfang der Kenntnisse eingehendere und andauerndere Arbeiten zur Ergänzung älterer Studien und eigener Forschungen um so mehr wünschen liessen, als betreffs der letzteren im jetzt besonders hochgehaltenen Bereich vereinzelter Untersuchungen meine früh in- und extensiv der lebendigen Lehre zugewandte und darin noch jetzt ihren Hauptschwerpunkt findende Thätigkeit die Versuche systematischer Darstellung zu sehr in den Vordergrund drängte, um nicht neben meteorologischen und einigen kurzen auf Fluorescenz, Wirkung der Blitze und ihre Spectren bezüglichen Originalien auf die zukünftigen Früchte einer unter jetzt etwas günstigeren Umständen in Aussicht und Angriff genommenen ernsten experimentalen Thätigkeit verweisen zu müssen. Vielleicht hätte ich den in der Regel vom Fachmann geforderten Beweis, an den Grenzen der Wissenschaft gearbeitet zu haben, deutlicher, als es die ihre flüchtigen Erfolge direct ins Leben hineinwerfende pädagogische Wirksamkeit vermag, zur Erscheinung bringen sollen, bevor ich wagte, grossentheils noch im Fluss Befindlichem einen relativen Abschluss zu geben. Einerseits der Wunsch indess, den wenigen Jünglingen, welche zur Medicin theilweise vorzubereiten, meine exponirte Stellung mir gestattet, ein Rede und Anleitung überdauerndes Bildungsmaterial zu gewähren, anderseits die Berücksichtigung von bei längerem Aufschub die Unternehmung überhaupt zweifelhaft machenden Körperleiden beschleunigte die Herausgabe einer Schrift, deren Mängel ich tief fühle, welche aber demungeachtet nach Anstrengung und Absicht ein Stück meines innersten Lebens so sehr bildet, dass eine völlig theilnahmslose oder allzurauhe Beurtheilung ein schwerer Schlag in einer Situation für mich wäre, welche vielleicht als eine Entscheidungsphase meines Schicksals sich erweist.

Bamberg, 1. IV. 1875.

Theodor Hoh.

Inhaltsübersicht.

Die Physik in der Medicin.

§. 1. Dass die physikalische Methode der naturwissenschaftlichen Forschung die sichersten, ja sofern quantitative Werthe allein zur befriedigenden Kenntniss bestimmter Verhältnisse führen, ausschliesslich exacte Resultate gewährt, wird allgemein anerkannt, ob sie aber auch der Medicin in allen Fällen erspriessliche Dienste leiste, ist zum Theil wenigstens noch nicht über jeden Zweifel gehoben. Von vornherein ist nicht zu läugnen, dass auch der trefflichsten Form das Material entsprechen soll. Auch auf andren Gebieten begegnet man diesem nicht immer in brauchbarer Gestalt. Da hat man mit zuviel überkommenem, wegen relativen Werthes nicht sofort beseitigbarem Errungenschaftsgute einer weniger scrupulösen älteren Zeit um Raum und Ordnung zu kämpfen, dort kann man deshalb die Gegenstände nicht so leicht beherrschen, weil an ihnen noch die qualitativen Eigenthümlichkeiten zu mächtig überwiegen, um nicht die mathematisch fassbaren Elemente zu verhüllen. In der Medicin kommt hiezu noch die ausserordentliche Veränderlichkeit des durch Bewusstsein und Willkür zwar ausgezeichneten aber auch für die Auffassung unendlich erschwerten Objektes, welchem gegenüber selbst von sonst unbefangener Seite her Warnungen noch immer nicht ganz verstummen wollen hinsichtlich der unzulässigen und gefährlichen Analogisirung von Mechanismus und Organismus. Dieser Gegensatz, welchem seine Schärfe weniger aus rein formalen wissenschaftlichen Rücksichten, als in Folge psychologischer oder moralischer Erwägungen aufgeprägt wurde, muss allerdings vor der physikalischen Methode verschwinden, wenn diese Aussicht haben soll, jemals ein Gebiet nicht zu beherrschen, sondern zu durchleuchten, auf welchem schon zur Stunde die Thatsache feststeht, dass diejenigen Theile am klarsten und sichersten gestellt sind, für welche jene Behandlung am längsten und entschiedensten durchgeführt wurde. — Ebenso wenig nothwendig als passend scheint es, die schroffe Gegenüberstellung zweier mehr in der Auffassung einzelner Aeusserungen, als im Wesen

verschiedener Dinge weiter zu besprechen, weil diese ganze Darlegung naturwissenschaftlicher Untersuchungen und Erfolge auf ihre Versöhnung hinarbeitet, wohl aber sei eine Bemerkung über eine Folgerung erlaubt, welche nicht selten der eingestandenen Absicht als unvermeidlich angehängt wird. – Der Missbrauch, welcher mit dem Worte: Materialismus getrieben wird, ist nach beiden Richtungen, in denen man sich damit beschäftigt, ziemlich gleich, aber der einen Seite muss man wenigstens den Vorzug grösserer Klarheit, oder wenn man lieber will, höherer Aufrichtigkeit zuerkennen. Allerdings klingt es Vielen nicht bloss wissenschaftlich absurd, sondern für die Gefühlsweise widerlich, wenn die geistige Thätigkeit aus den molekularen Beziehungen von Zellen und Fasern abgeleitet werden will, aber moralische Gefahren an eine einfache Erweiterung gut bestätigter Erfahrungen und gelungener Versuche auf verwandte Fragen zu knüpfen, ist nicht viel berechtigter, als wenn die Uebung der Muskelkraft mit besonderem Misstrauen betrachtet werden wollte, seit für sie der Wille durch Elektricität ersetzbar nachgewiesen ward. Unerklärtes ist darum nicht unerklärlich, und was in letztrem Sinne an den dunklen Grenzen des Bewusstwerdens sich der Laplace'schen Weltformel zu entziehen scheint, dem wird man trotz aller Neigung, daraus die Selbstständigkeit einer psychischen Potenz herzuleiten, in der Consequenz einmal anerkannter physikalischer Principien das Zugeständniss schuldig, dass jeder Gedanke und jeglicher Willensentschluss eine ganz bestimmte Anordnung der Körperatome, vornehmlich im Nervengewebe voraussetzt, welche bei einer Aenderung jener in demselben Grad eine verschiedenartige wird, als die entsprechende Erscheinung verschieden ausfällt. Ein besonderes „Wesen" hinter den Thatsachen zu suchen, ist naturwissenschaftlich ebenso unnöthig als incorrect, diese aber fallen sämmtlich und immer unter die Herrschaft einer Berechnung, welche sich ausschliesslich auf die mechanischen Elemente einer jeweiligen Massenvertheilung, worin eben die Ursache und hiemit das „Wesen" gegebener Zustände liegt, stützt und in ihren Folgen bezieht, aber natürlich um so schwieriger wird, je mehr variable Grössen die höhere Dignität des Objektes in den Calcül einführt. Die Schwierigkeit ist indess nicht absolut, sondern eine Zeitfrage der wissenschaftlichen Methodik. — In diesem Sinne materialistische Ansichten zu hegen, wird allerdings kaum einen Forscher auf dem hier umgrenzten Felde erspart bleiben, insofern er aber klar und fest zu den darin ausgesprochenen Bedingungen seines erfolgreichen Fortschrittes sich bekennt, darf man ihm keinesfalls jene Zweideutigkeit vorwerfen, welche auf der andren Seite im Gebrauch des gefürchteten Wortes selten vermieden wird. Die moralische Verdächtigung des Materialismus wird meist an die falsche Adresse gerichtet. Der naturwissenschaftliche Materialismus birgt

keine socialen Gefahren, denn er ist eine Theorie von ganz bestimmter ernsthafter Bedeutung, einzig der Förderung wissenschaftlicher Resultate zugewendet. Der praktisch ins Leben eingedrungene und hier bedenklich wühlende Materialismus dagegen ist ein Complex nicht bloss gehegter, sondern auch bethätigter Verhaltungsmaximen für die staatlichen, gesellschaftlichen und privaten Beziehungen, welche hiebei der Herrschaft des gröbsten Egoismus unterjocht werden. Nicht einmal insoweit besteht eine Verwandtschaft zwischen diesen beiden durchweg nach Wesen, Tendenz und Verfahren heterogenen, und doch so häufig absichtlich oder sinnlos confundirten Systemen, dass etwa die Anhänger des ersteren mit Vorliebe dem zweiten sich zuneigten, oder die Bekenner des letzteren die Stützen ihrer Meinung in jenem suchten, sondern im Gegentheil diese verträgt sich ganz gut mit viel gerühmtem angeblichen Idealismus, und wird erfahrungsgemäss gerade am üppigsten in Kreisen gefunden, welche nach dem Gange der Ausbildung, oder durch traditionelle Vererbung der Anschauungen und Gewohnheiten, oder endlich aus vollkommener geistiger Gleichgiltigkeit der naturwissenschaftlichen Lehre sich theils völlig fern halten, theils ihr sogar feindlich entgegentreten.

§. 2. Was im Besondren die A n w e n d u n g d e r P h y s i k auf dem m e d i c i n i s c h e n B o d e n anlangt, so ist dieselbe so vielseitig, reichhaltig und tief, dass ein allgemeiner Ueberblick der hauptsächlichsten Gesichtspunkte unmöglich die Ausdehnung und Vertiefung der unter jedem derselben liegenden Gebiete sofort erkennen lässt.

So vielfältig und verschiedenartig die Aufgaben und Arbeiten der Medicin erscheinen, lassen sich doch wenn nicht alle, doch jedenfalls die wichtigsten und wesentlichen in vier an einander stossende Fächer einreihen. Die Kenntniss des normalen Lebens und seiner in den Breiten der Gesundheit sich bewegenden Aeusserungen, die Durchschauung krankhafter Zustände nebst der Sicherstellung der von ihnen gesetzten Veränderungen, die Heilung oder Besserung pathologischer Störungen, die Befriedigung der Ansprüche einer öffentlichen Gesundheitspflege, oder nach der systematischen Bezeichnung: P h y s i o l o g i e, D i a g n o s e, T h e r a p i e, H y g i e n e erschöpfen ebensowohl die Verpflichtung als die Leistungsmöglichkeit der Medicin und stellen mithin auch das Gebiet dar, auf welchem von Seite der Hilfswissenschaften Dienste erwartet und dargebracht werden können. — Auch die m e d i c i n i s c h e P h y s i k liesse sich demnach in eine p h y s i o l o g i s c h e, d i a g n o s t i s c h e, t h e r a p e u t i s c h e und h y g i e n i s c h e Abtheilung gliedern, welche indess sowohl dem Umfang als dem Werthe der Thatsachen nach zur Zeit zu verschiedenartig ausgebildet sind, als dass eine streng an das besagte Schema gebundene Darstellung eine befriedigende Symmetrie zeigen könnte. Andererseits wird dieselbe jene Andeutung für Eintheilung und Anordnung des

Stoffes auch nicht ganz übersehen dürfen, weil sie wirklich in der Natur der Sache begründet ist. — Ich suche hier beiden Ansprüchen dadurch gerecht zu werden, dass ich die drei zuerst genannten physikalisch-medicinischen Themata im Zusammenhang behandle, wie sie auch in einem solchen innerlich stehen, der hygienischen Physik aber einen besonderen Abschnitt widme. — Dort bietet sich uns von theoretischer Seite aus ein zweiter Eintheilungsgrund dar. Fast mit derselben Wucht traditionalen Herkommens, wie die Scheidung des menschlichen Daseins in Leib und Seele, macht sich bei jeder physikalischen Betrachtung der Gegensatz von Stoff und Kraft geltend. In beiden Fällen zwar ist man beinahe allerwärts darin einig, dass es sich nicht um willkürlich herstellbare und lösliche Verbindungen völlig heterogener Wesen mit an sich gesonderter Existenz handle, sondern um Resultanten bestimmter stofflicher Anordnungen, im Sprachgebrauch aber hält man stets wieder an der vererbten Aufstellung fest, welche immerhin eine rasche Orientirung ermöglicht. — Der Bestand der Materie als Raum einnehmend und ausfüllend, träg und widerstehend jedem unmittelbarem Angriff genügt als empirische Thatsache nur der oberflächlichsten Betrachtung, welche sich um so mehr zur Untersuchung der feineren molekularen Architektonik des Stoffes vertiefen muss, als voraussichtlich in den Eigenthümlichkeiten und Wandlungen dieser die Beziehungen oder Wechselwirkungen der Atome begründet sind, welche zu den mechanischen, optischen, thermischen und elektrischen Erscheinungen führen. Deren Ursachen als besondere gleichnamige Kräfte zu hypostasiren, wird vor einer fortschreitenden Theorie, welche das Vereinzelte auf graduell verschiedene, doch wesentlich gemeinsame Formen von Stoff und Bewegung zurückführt, kaum mehr gerechtfertigt sein, ist aber noch heute insofern entschuldigbar, als die in den angegebenen Begriffen umschriebenen Kreise von Phänomenen in der That ein recht charakteristisches Gepräge tragen. — In diesem Sinne und nach der gegebenen Erklärung über den muthmasslich wahren Sachverhalt werden wir von den aufgeführten Unterscheidungen zur weiteren Eintheilung unsres Stoffes unbedenklichen Gebrauch machen dürfen, indem zuerst die Constitution der Materie mit ihren nächsten Consequenzen, dann der viertheilige Kreis der physikalischen Kräfte zur Darstellung gelangt, welch' letztere von den an ersterer betheiligten oder mit ihr selbst gegebenen Molekularkräften durch die gemeinschaftliche Eigenthümlichkeit der räumlichen Fernwirkung sich unterscheiden.

Erster Theil.

Constitution der Materie.

§. 3. Die materiellen Grundlagen des organischen Lebens von der niedersten bis zur höchsten Stufe unterscheiden sich in den wesentlichen allgemeinen Eigenschaften durch nichts von den Bestandtheilen der anorganischen Welt; bei ihrer eigenthümlichen Verbindung jedoch und ihren uns nah stehenden Zwecken, deren rein teleologische Betrachtung zwar mit Recht von der Wissenschaft verpönt ist, aber als secundäres Motiv eine unvermeidliche Rolle in der Richtung unsrer Arbeiten spielt, fordern sie um so mehr zu einer gesonderten Untersuchung heraus, als in den fraglichen Erscheinungskreisen von Vorn herein auf beträchtliche Modificationen der allgemeinen Phänomene zu rechnen ist. — Im Allgemeinen sind die materiellen Systeme, welche entweder in Rücksicht des complicirten Planes ihres Aufbaus oder wegen der mannigfaltigen, zur Besonderheit ihres Daseins stets in bestimmter Beziehung stehenden, Leistungen als Organismen bezeichnet werden, durch eine grosse Beweglichkeit der Bestandtheile ausgezeichnet. Die Gruppirung der letzteren, ihre relative Ruhe oder die Eigenthümlichkeit der Bewegungen ist von Folgen begleitet, welche in der Regel nicht bloss das unmittelbare Schicksal des einzelnen Körpers betreffen, sondern in ausgedehnten Wechselwirkungen sich geltend machen, deren in weiten Kreisen verspürte Bedeutung ohne Zweifel zur hohen Qualificirung der organischen Wesen beiträgt. Und doch liegt statt eines charakteristischen Momentes nur eine graduelle Differenz vor, denn an den langsamer und unmerklicher verlaufenden, atomistischen Acten eines Erdhaufens, Steines oder Metalles erweist sich die Geschichte des Gesammtnaturlebens weniger deutlich, aber im Ganzen nicht weniger richtig, als in dem uns schon wegen der Verwandtschaft näher interessirenden Entwicklungsgange des Thieres oder einer Pflanze.

I.

Atome und Zellen.

1. Die Atomistik.

§. 4. So wenig Wohlgefallen die neuere Naturwissenschaft an der reinen Spekulation findet, kann sie derselben doch nicht ganz entbehren, weil gewisse Grundfragen, über welche der Forscher möglichst bald und bestimmt ins Reine zu kommen trachtet, durch die blosse Erfahrung nicht entschieden werden. Jedenfalls indess liefert diese das Operations- und Beweismaterial für psychische Processe, welche, weit entfernt von den luftigen Bauten einer transscendenten Philosophie in Begründung, Verlauf und Zweck als durchaus realistisch bezeichnet werden dürfen.

§. 5. Unter den Gegenständen, welche zur vorstehenden Erwägung Anlass geben, steht das Problem der materiellen Constitution in erster Linie. Vom Anfang des naturwissenschaftlichen Denkens hat es alle Stufen desselben begleitet und je nach deren Bedeutung eine sehr verschiedenartige Behandlung gefunden. Gerade ihm gegenüber wurde am häufigsten die Pflicht einer tüchtigen Vorarbeit vergessen, welche an sich selbst werthvoller gewesen wäre, als die an den Eingang gestellte Bemühung um Lösung einer Schlussfrage. Solch verfrühte Bestrebungen sind alle Kosmogonien der alten griechischen Naturphilosophen und selbst die unvergleichlich hoch darüber ragende Lehre des Demokrit, obwohl in vielen Stücken übereinstimmend mit der modernen Atomistik, unterscheidet sich abgesehen von allen andren differentiellen Momenten, methodisch sehr wesentlich von ihr, weil erst diese als nothwendige Folgerung der wissenschaftlichen Durchforschung thatsächlicher Verhältnisse entstammt. Statt ihre empirische Grundlage in den speciellen physikalischen Forschungsmaterialien aufzuzeigen, stellen wir hier bloss die Frage, ob an der Aufstellung der atomistischen Theorie auch die organische Naturlehre ein tieferes Interesse hat, und finden, dass dies im höchsten und zwar positiven Sinne der Fall ist. — Viele

Untersuchungen allerdings können geführt werden, während die Frage nach der Constitution der Materie ganz offen bliebe, oder sogar gegentheilig entschieden wäre. Es verhält sich hierin wie bei der Optik, welche sehr wichtige Resultate abgeschlossen hat, ohne von der alten Emanationslehre einen Stein zu verrücken; sie musste aber das ganze Gebäude niederreissen und den luftigen, dennoch festen Tempel der Undulationstheorie an die Stelle setzen, sobald die Erfahrungen der Polarisation und Interferenz begründet werden wollten. So sieht sich schon jetzt die organische Physik neurologischen Problemen gegenüber, welche, bis ins Reich der Gefühle und Gedanken hineinragend, weder durch die grob mechanische, noch die elektrische Methode erledigt werden können, und überhaupt einer Bearbeitung nur zugänglich erscheinen, wenn diese der feinen Waffen der Molekularmechanik sich bedient. Diese ist im allverbreiteten Brei der dynamistischen Naturauffassung gar nicht möglich, sie erstickt darin, kann sich dagegen frei und schön entfalten, wenn ihr in den Atomen ein fest begrenztes sicher geformtes Material, im Einzelnen differenziirt, doch durch die Anziehung im Ganzen zusammengehörig, dazu aber ringsherum ein freier Spielraum zur leichten Bewegung der Stofftheilchen dargeboten ist. So sind die Atome ihr selber ebenso unentbehrlich, wie sie der Physik der Nerven, von welcher allein eine Aufklärung über den Zusammenhang der bewussten Seite des Lebens mit seinen stofflichen Grundlagen und Erweisungsformen zu erwarten ist.

2. Die allgemeinen Eigenschaften der Zelle.

§. 6. Wenn die Atome das Kleinste und Letzte sind, auf was man bei der Zergliederung des Stoffes zurückgehen kann, so stösst man in der Untersuchung der organischen Körper schon früher auf Elemente, welche nach allen ihren Eigenschaften eine principielle Rolle für den Bestand und Verlauf des Lebens spielen. Ich überlasse die genaue Betrachtung der Zelle der Anatomie und Physiologie; hier ist nur festzustellen, dass ein kleiner abgegrenzter, bestimmt doch wechselbar geformter, im Wesentlichen aus Hüllenwand und Inhalt bestehender Körper durch verschiedenartige, sowohl die Form als den Ablauf der Erscheinungen bedingende Anordnung alle bekannten leiblichen Gebilde herstellt, als deren physikalische Eigenschaften in naturgemässer Uebertragung diejenigen der elementaren Zelle erscheinen.

§. 7. Die Beanspruchung eines bestimmten Raumes, dessen theilweise materielle Erfüllung und die Gestaltbildung daselbst stehen in erster Linie. Welche Dimension der räumlichen Erstreckung

die überwiegende sei, hängt weniger von den primitiven bei der Entstehung der Zelle thätigen Kräften, als vom secundären Einfluss der örtlichen Verhältnisse ab, denn im einfachsten Fall ist die allerseits gleichmässig ausgedehnte Kugel das offenbare Ziel der morphologischen Bestrebsamkeit. Ueberhaupt sind abgerundete Umrisse bei der organischen Formgebung entschieden im Vorzug, was ebensosehr auf eine höchst gleichartige und allmälige Wirksamkeit der ursprünglichen Bildungskräfte, als auf frühzeitige Tendenz zu sanften Uebergängen in der meist mit gegenseitiger Abplattung verbundenen Aneinanderlagerung der organischen Formelemente deutet. Die starre individualisirende Krystallbildung begegnet uns nur da, wo beschränkte Ablagerungen, gewöhnlich zweifelhaften oder untergeordneten physiologischen Werthes, vornehmlich von Mineralsalzen auftreten, während letztere, wenn sie zwar in reichlicher Menge vorhanden, aber den organischen Stoffen innig verbunden sind, der plastischen Kraft dieser ihre Krystallisationsneigung opfern oder auf das kleinste Feld beschränken.

§. 8. Was die Art der Raumerfüllung betrifft, so hängt das ganze Leben der Zelle davon ab, dass sie keine stetige sei, sondern dass materielle Theilchen mit leeren Räumen in bestimmter Ordnung abwechseln; nur dann nämlich sind jene Aus- und Einströmungen durch die Zellenwand, jene Wechselwirkungen zwischen Flüssigkeiten und festen Stoffen, jene Expansionen und Contraktionen unter thermischen wie elektrischen Einflüssen denkbar, aus denen sich in erster Linie die Thätigkeit des Elementarorganes und in immer höherer, doch stets stofflich legitimer Folge und Potenzirung das ganze Leben zusammensetzt. Für alle derartigen Ereignisse ist nicht nur Etwas nöthig, was bewegt wird, sondern auch Platz für den Ablauf der Bewegung, und diesen verweigert die mit den ersten Bedürfnissen der organischen Physik in Widerspruch stehende dynamistische Meinung einer lückenlosen Raumerfüllung von vorn herein.

§. 9. Mit der Anerkennung des atomistischen Aufbaus der Materie, speciell in den organischen Körpern sind die weiteren elementaren Eigenschaften derselben von selbst aufgefunden. Die Porosität und Zerlegbarkeit in kleinere Theile, die Veränderlichkeit des Umfanges unter calorischen und mechanischen Einwirkungen, die Fähigkeit innerhalb enger Grenzen jede solche aufgezwungene Modification nach Wegfall des Zwanges wieder auszugleichen, sind unmittelbare und ausschliessliche Folgen der molekularen Architektonik des Stoffes und zugleich wichtige Grundlagen des Lebens. Besonders die zuletzt erwähnte Eigenschaft der Elementarorgane verdient alle Beachtung; sie ist der

Selbsterhaltungstrieb auf kleinstem Felde, hier aber unermüdlich thätig und mächtig genug, bedrohlich aussehende Störungen des physiologischen Geschehens unschädlich zu machen. Das bekannte, den vielfachen Ansprüchen des Lebens gegenüber unendlich schätzbare Adaptionsvermögen jedes Organes kann schliesslich auf die elementare Elasticität der Zelle zurückgeführt werden.

§. 10. Die Möglichkeit, fremden Bewegungsantrieben zu gehorchen, die Ausdauer der dadurch hervorgerufenen, in relativ selbständiger Erregung kundgegebenen lebendigen Kraft bis zu ihrem physikalisch motivirten, auch im Wechsel vom Leben zum Tode in seiner Gesetzlichkeit nicht alterirten Umsatz in molekulare Spannkräfte, die allgemeine Bethätigung attractiver Beziehungen theilen die organischen Körper mit allen natürlichen Stoffen. —

II.

Die Aggregatzustände.

1. Der Bestand.

§. 11. Es kommt weniger darauf an, die allbekannte Thatsache auszusprechen, dass *Festes*, *Flüssiges* und *Gasförmiges* an der Constituirung des Organismus Theil haben, und überdies seinen Bestandtheilen gestattet ist, von einer der erwähnten Erscheinungsformen zur andren überzugehen, als vielmehr wünschenswerth wäre, gerade die *Modalitäten dieser Uebergänge* auf das Genaueste zu belauschen, weil ersichtlich dieselben höchst bedeutsame Phasen im Lebensprocess darstellen. Leider ist die Physik nicht in der Lage, nach ihrer bewährten Methode Beobachtungen in der fraglichen Richtung anzustellen, weil die betreffenden Ereignisse innerlich verlaufen und selbst dem Physiologen sich meist nur in dem Ende nicht in den Zwischengliedern des Processes verrathen.

§. 12. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass der für die *organischen Stoffe* ganz besonders geeignete *Aggregatzustand* der *halbflüssige* zu sein scheint. Nicht als ob damit das Uebrige ausgeschlossen wäre; vielmehr begegnen wir in Knochen und Zähnen dem härtesten Complex zu starren Formen vereinter Atome, aber in allen andren festen Stücken des Körpers überrascht uns eine eigenthümliche *Weichheit*, welche die *Veränderlichkeit der Formen*, die nachgiebige und doch das eigene Wesen wahrende *Geschmeidigkeit* begünstigt.

§. 13. Die *Flüssigkeiten* sind die Vermittler zwischen den Organen. Namentlich sorgt die wichtigste unter ihnen für beständige Zufuhr neuen Bildungsmateriales und gleichzeitige Abschwemmung unbrauchbar gewordener Stoffe. Dies ist morphologisch nur möglich, wenn einerseits den Flüssigkeitselementen schon ein gewisser Grad von innerer Festigung oder wenigstens von Solidirungsfähigkeit innewohnt,

anderseits die abgelösten Theile in einem zur Verflüssigung strebenden molekularen Zerfall sich befinden. Damit ergibt sich jener viskose halbflüssige Zustand, bei welchem fein vertheilte feste Partikel in einer Flüssigkeit schwimmen, und diese wieder zusammenhängende, aber höchst poröse feste Formelemente durchspült.

2. Die Ausscheidung.

§. 14. Der Uebergang des flüssigen in den festen Aggregatzustand erfolgt im Allgemeinen entweder durch Temperaturerniedrigung oder durch bestimmt formulirte Anziehungen. Im ersten Fall treten die Stofftheilchen, wahrscheinlich von der abstossenden Kraft der Wärmesphären für gewöhnlich auseinandergehalten, an der Oberfläche sogar zu wirklicher Entweichung in Dunstform getrieben, sich gegenseitig näher, und zwar meist so vorwiegend in gewissen ausgezeichneten Richtungen, dass die Atome zu geometrisch regelmässigen Krystallen gruppirt werden. In dieser Weise pflegen sich die organischen Stoffe selten abzuscheiden, da entweder der erforderliche physikalische Entwicklungsmodus oder die Krystallisationstendenz fehlt. — Im zweiten Fall kann es auch zur Krystallbildung kommen, nämlich dann, wenn durch Verdunstung, Einsaugung oder Zersetzung das Lösungsmittel so weit vermindert wird, dass die gegenseitigen Anziehungen der soliden Elemente zu ungestörter Geltung gelangen. Es kann aber auch sein, dass Körperchen, welche so fein suspendirt waren, dass man unbedenklich von einer Lösung sprechen konnte, sich allmälig sammeln und absetzen, sei es in Folge der blossen Schwere, sei es wegen der Verwandtschaft zu in der Nachbarschaft bereits bestehenden festen Gebilden. — Dies ist der Consolidirungsmodus der organischen Stoffe, dessen Resultat jedesmal bestimmt charakterisirte Formen mit eigenthümlicher Entwicklungsfähigkeit sind. Entstehung und Wachsthum derselben geschieht nach deutlichen Principien der Verähnlichung. Einmal nämlich gelangen an jedem Ort so bestimmte Bestandtheile der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit zur Abscheidung, dass jedes Organ in seiner Weise regenerirt wird, weil das an ihm Fortbestandene nur das ihm nach Gestalt und Mischung Verwandte und Anschlussfähige ergreift und festhält, dann weiters kann eine sehr bestimmte Gesetzmässigkeit der Prägung organischer Formen nicht verkannt werden, indem diese, nach dem Entwicklungsschema von Geschlecht und Art einmal angelegt, stets wiederkehren und selbst durch pathologische Verirrungen hervorleuchten (C. Ludwig's Physiologie).

3. Die Formfolge der Elementarorgane.

§. 15. Das Material der mikroskopischen Anatomie ist ein äusserst wandelbares, denn wenngleich in vielen Stücken dem Organismus und seinen Theilen ein gewisser Grad von Beharrlichkeit nicht abgesprochen werden kann, besteht doch im Wesentlichen dessen Leben gerade in dem beständigen Wechsel, welcher in einer, als Entwicklung aufgefassten, Folge Form und Mischung seiner Elemente betrifft. Diese ist selten in ihrem stetigen Verlauf, besten Falles nur in möglichst nah aneinanderliegenden Stadien der Verwirklichung sichtbar, und dann vielseitig und richtig deutungsfähig bloss bei Unterstützung der Beobachtung durch experimentale Eingriffe, indem das unter dem Mikroskop liegende Object mechanischer Behandlung durch Zerkleinerung, Druck oder Zug, der Einwirkung aufhellender oder partiell lösender Flüssigkeiten, verschiedenen Graden und Arten der Beleuchtung wie der optischen Modifikation der Polarisation und Dispersion des Strahles, der Erwärmung oder Erkaltung, endlich auch der elektrischen Erregung ausgesetzt wird.

§. 16. Um den zeitlichen Fortschritt der Formwandlungen zu erkennen, gibt es neben den statistischen Notizen über das Alter der individuellen Bezugsquellen des Beobachtungsmateriales nur ein Mittel zur möglichsten Sicherung vor Täuschungen, nämlich die Berücksichtigung der räumlichen Lage des fraglichen Organes im umgebenden Gewebe, indem die Verschiebung vom nachgewiesenen oder muthmasslichen Entstehungsort durch weiter erzeugte neue Elemente, oder im Allgemeinen der Abstand von einer als solcher constatirten plastischen Bildungsquelle für die in ihren eigenen differentiellen Perioden an sich nicht immer völlig zweifellose Entwicklung oder Rückbildung in der Regel von entscheidendem Werthe ist.

§. 17. Ins Einzelne des jedenfalls überwiegend physiologischen Gegenstandes will ich nicht zu tief eingehen. — (Ludwig). —

Im Wasser leicht lösliche Stoffe, wie Salze, Zucker, Harnstoff erscheinen, weil der normale Organismus das Lösungsmittel reichlich genug darbietet, stets in diesem verhüllt und bieten daher der Beobachtung keine einzelnen Entwicklungsstadien dar.

An aufgenommenen Fetten constatirt man am häufigsten und leichtesten die Abscheidung öliger, also verhältnissmässig leicht flüssiger Mischungselemente, worauf natürlich die solideren Bestandtheile erstarren, sobald die Temperatur des Thierleibes ihren Schmelzpunkt nicht mehr übersteigt.

Für die Eiweisskörper sind mehrere Abscheidungsarten direct und experimentell nachgewiesen. Scherer sah Trübung des Blutserum durch starke wässerige Verdünnung, Virchow erzielte in

demselben einen Niederschlag durch Beisatz von Chlornatrium, Wittich einen solchen mittels Fettsäuren. Jeder dieser Acte kann im Lebensprocess und seiner Wechselwirkung mit der Nahrungseinfuhr sich geltend machen, öfter aber noch werden die in ihm selbst zu Stande kommenden, oder ihn vielmehr ausmachenden, physikalisch indess völlig dunklen molekularen Umgestaltungen der Formelemente zur Heranbildung fester Modificationen ursprünglich flüssiger, vielleicht aber nur im feinsten Grade suspendirter Proteinkörper führen.

§. 18. Die Form, in welcher die aus einer Flüssigkeit consolidirten Elemente erscheinen, hängt nicht ausschliesslich von ihrer Qualität, sondern auch einerseits von Dichte und Concentration der primär oder secundär betheiligten Medien, anderseits vom schon bestehenden formalen Charakter der Oertlichkeit ab. — Der erste Grund primitivster Formgebung muss allerdings in den auftretenden Stofftheilchen selbst liegen, welche sich nach inwohnenden und ausstrahlenden Richtkräften untereinander ordnen. Diese molekularen Fernwirkungen fehlen vermuthlich in keinem Bildungs- oder Umwandlungsprocess des Stoffes gänzlich, sind aber in ihrer Thätigkeit durch zahllose Einflüsse mechanischer, thermischer, elektrischer Art so leicht und vielfach gestört, dass es nur selten zu ganz regelmässigen Resultaten kommt, während doch die mikroskopischen Ansätze dazu auch auf organischem Felde viel häufiger sind, als die gröbere Betrachtung der Formen erwarten lässt. Während nämlich diese, welche gegenüber dem Zusammentritt der Moleküle zu sinnenfälligen, der complicirteren physiologischen Funktion erst gewachsenen Gebilden vollkommen berechtigt ist, die unter: I. 2. dieses Theiles gemachte Angabe bestätigt, dass die bei der Combination der Urbestandtheile zu secundären oder tertiären Organformen thätigen Kräfte der Krystallisation nicht günstig sind, verräth sich diese da und dort an den kleinen Partikeln, welche mehreren, sonst energisch umsetzbaren, Gewebemassen, z. B. der Muskulatur, beigemengt sind, in deren der Richtung und Lage nach ungleichartigem Verhalten gegen polarisirtes Licht. An den Stoffen, für welche der Nachweis einer partiellen krystallinischen Molekularstruktur unmöglich ist, überwiegen die formgebenden Anziehungen doch immerhin in bestimmten Richtungen, so dass auch hier jegliche Willkür in der organischen Morphologie ausgeschlossen erscheint. Hier tritt indess das zweite der oben erwähnten Momente in Mitwirkung, indem die Berührungsweise der Mutterflüssigkeit mit den umgebenden Flächen, sowie die eigenthümlichen physikalischen Bedingungen, unter denen eine Neubildung in tiefer oder oberflächlicher, ruhiger oder durch Erschütterungen und Strömungen oft gestörter Lage erfolgt, einen ersichtlichen Einfluss auf die Form der Ablagerung haben. Dieselbe wird im All-

gemeinen in Körnern, Fasern oder Platten ausgeprägt, und der im Einzelnen unerforschte, wenn auch im Ganzen wohl erkenntliche Complex der Factoren einer speciellen Plastik erscheint so constant, dass im normalen Lebenslauf am bestimmten Orte allemal wieder dieselbe Formgebung eintritt.

§. 19. Soweit die einschlägigen Erscheinungen der directen Beobachtung zugänglich sind, findet diese den schliesslich mit dem Gegebenen gleichartig werdenden Niederschlag zuerst in allerwärts einander ziemlich ähnlichen vereinzelten Zellen gruppirt, welche indess bald die von der örtlichen Configuration, von Dichte und Beweglichkeit der Flüssigkeit, von der localen Temperatur abhängigen Eigenthümlichkeiten zeigen, und durch einseitige Ausdehnung oder mehrfältige Anlagerung und Verwachsung eine der oben erwähnten Formen herstellen. Da zu letzterem Zweck eine rasche Vermehrung der Bildungselemente nothwendig ist, wäre eine genaue Kenntniss des Entstehungsmodus höchst wünschenswerth, dieselbe hat sich aber zur Zeit noch nicht über den Werth der Hypothesen erhoben. Wahrscheinlich kann in jeder homogenen Flüssigkeit freie Zellenbildung auftreten, sobald in sie von Aussen ein fremder, vielleicht auch bloss in der Concentration verschiedenartiger Stoff eingebracht wird; hat derselbe Tropfenform, so werden sich zuvörderst an der Berührungsfläche der heterogenen Substanzen neue Molekularbestrebungen geltend machen, welche zur häutigen Verdichtung der hiemit constituirten Zellenwand führen, durch die nun die nächsten Processe des Zellenlebens auf diffusivem Wege geschehen. Trat dagegen in die Mutterflüssigkeit ein solider Körper, so kann dieser ohne Weiteres die Rolle des von vielen Seiten für so wichtig erachteten Zellenkernes übernehmen, um welchen sich allmälig in Folge attractiver Differenziirungen die übrigen Bestandtheile gruppiren. Da die Zellenbildung jedenfalls einen Anfang haben muss, können jene primitiven Vorgänge schwerlich einem principiellen Einwand begegnen, freilich aber sind die ihnen zugewendeten Untersuchungen in den Resultaten nicht bestimmt genug, um die Möglichkeit ablehnen zu dürfen, dass in der Mutterflüssigkeit bereits aus anderen Gründen entstandene oder herbeigeschaffte Zellen vorhanden gewesen seien, deren formbestimmender Einfluss für die obigen Neubildungen unentbehrlich wäre. Noch mehr wird die Selbständigkeit der letzteren in der ausschliesslichen Annahme der inneren Zellenbildung beschränkt, wonach die Bildungsflüssigkeit einer neuen Zelle schon in einer alten enthalten sein muss, die Vermehrung also stets durch Einschachtelung, Knospung oder Theilung erfolgt. Der erste Fall weicht von der freien Zellenbildung nur durch den beschränkten und abgeschlossenen Schauplatz ab, auf welchen nach der eigenthüm-

lichen Wandbeschaffenheit der Mutterzelle möglicherweise nur solche Anregungen zugelassen werden, welche die Gleichartigkeit des Wachsthumes verbürgen. Im zweiten Fall wird jedes Fragment des zertheilten Zellenkernes von einer besonderen Falte der Wand umschlossen, so dass die Tochtergebilde traubenbeerartig um den Centralraum gruppirt erscheinen. Bei der einfachen Theilung endlich durchwächst eine Scheidewand die Zellhöhlung, um nach gänzlicher Abtrennung an der Hülle des jungen Kernes Theil zu haben.

§. 20. Die Formveränderungen, welche die Zelle unabhängig von der Verfolgung der Fortpflanzungszwecke erleidet, sind die natürlichen Grundlagen der Lebenserscheinungen, welche je nach dem normalen oder ungewöhnlichen, den Gesammtanlagen des Organismus widersprechenden Ablauf der ersteren als gesunde oder krankhafte auftreten, selbstverständlich aber in ihrer Ausdehnung und Bedeutung von den cellularen Neubildungen mitbestimmt werden. Jene allgemeineren Modificationen des Zellenbestandes können physikalisch so characterisirt werden, dass jeder mechanischen Einwirkung der Umgebung eine molekulare Rückwirkung entspricht, dass daher die Zelle ebensosehr gebildet wird, als sie selber bildend arbeitet, und dass bei allen derartigen, mit der Form in der Regel auch die Mischung betreffenden Acten es sich um nichts Andres handeln kann, als um beständigen Wechsel oder Umsatz von lebendigen und Spann-Kräften.

III.

Cohäsion, Festigkeit und Elasticität.

1. Arten und Grade der Festigkeit.

A. Absolute Festigkeit.

§. 21. Die zu Fasern aneinandergereihten oder zu Häuten und Platten verwobenen Zellen besitzen einen hohen Grad von gegenseitiger Adhäsion, welche zwar gleich allen Molekularwirkungen bei grosser Macht in der Nähe nur auf so kleine Entfernungen sich erstreckt, dass die engste Spalte an unrechter Stelle eine unüberspringliche Kluft für die fortschreitende Thätigkeit normal verbundener Elementarorgane bildet, dafür aber auch dem Ausfüllungsmaterial, das in der Regel zur Ausgleichung solcher substantieller Störungen erzeugt wird, in einer Intensität zukommt, welche oft grösser ist als die Haltbarkeit des ursprünglichen und gesunden Gewebes. Natürlich ist jeder Wachsthumsprocess und jegliches adhäsive Vorkommniss pathologischer Art hinsichtlich der Cohärenz auf die Molekular-Attraktionen unter den Zellen angewiesen und von ihnen so wesentlich bedingt, dass diese, an sich nicht direct prüfbar, am Verhalten jener gemessen werden können. Bei den darauf gerichteten Untersuchungen kann man seine Aufmerksamkeit jeder der technisch angenommenen Arten von Festigkeit zuwenden.

§. 22. Die Widerstandfähigkeit gegen das Zerreissen ist an den organischen Stoffen im Allgemeinen nicht gering, aber je nach der anatomischen Structur und der zeitweiligen physiologischen Beschaffenheit des Gewebes höchst verschiedenartig. Von grossem Einfluss ist der Wassergehalt, so dass nach dessen steigender Grösse eine fallende Cohäsionsreihe der Substanzen geordnet werden kann, nämlich: Knochen, Sehnen, Nerven, Muskeln, Venen, Arterien, Darmhäute, Drüsenparenchym, Gehirn. Mit der Austrocknung der Organe nimmt indess ihre absolute Festigkeit nur bis zu

einer, im Einzelnen noch nicht genugsam bestimmten, für Sehnen und Muskeln, wie ich finde, und vermuthlich überhaupt ziemlich niedren Grenze zu, jenseit deren die Cohärenz namhaft leidet, weil durch die zu lange oder starke Einwirkung der Wärme das innere Gefüge des Gewebes geändert wird. Aus demselben, den molekularmechanischen Verhältnissen entnommenem Grunde verlieren im Alter die Leibestheile an Festigkeit, obwohl sie vertrocknen, einerseits weil dieser an sich günstige Einfluss da und dort leicht zu weit geht, anderseits weil mächtiger als er der mit der Senescenz vorschreitende molekulare Verfall der organischen Elemente wirkt.

§. 23. Die Tragfähigkeit des Muskelgewebes bis zum Zerreissen ist für Jugend, mittleres und Greisenalter annähernd im Zahlenverhältnisse = 7 : 3 : 2 niedergelegt.

Nur so lang sich der zersetzende oder die Anziehung der kleinsten Theilchen schwächende Einfluss der natürlichen Rückbildung noch nicht geltend macht, nämlich von der Kindheit bis zur Altersreife steigt daher mit der Verminderung des Wassergehaltes die Cohäsion in umgekehrter Proportion.

§. 24. Positive Resultate sind schwer zu erhalten und haben stets einen etwas zweifelhaften oder vereinzelten Werth, weil bald nach dem Tode an den meisten Gebilden eine so grosse Veränderung der betreffenden Eigenschaften eintritt, dass menschliche Präparate, abgesehen von seltenen Ausnahmen, fast gar nicht benützt werden können, thierische, hier wie in allen Fällen der experimentellen Vertretung, keinen sicheren Schluss auf die entsprechenden Verhältnisse am Menschen gestatten, und jegliches Prüfungsobject, ja beinah jeder Querschnitt desselben etwas Eigenthümliches hat, was die Allgemeinheit der Folgerungen beeinträchtigt. Von letztrem Umstand erhält man schon dadurch einen Beweis, dass, wenn die Grenze der Festigkeit erreicht ist, nicht wie eigentlich theoretisch zu erwarten wäre, an allen Punkten zugleich der Zusammenhang aufhört, und der Körper in seine Atome zerfällt, sondern an einer bestimmten, demnach von vorn herein mit schwächerer Widerstandskraft begabter Stelle der Riss erfolgt.

Aus einer Rindsaorta schnitt ich Stücke 1 cm. breit, 20 cm. lang, auf welcher Strecke die mittlere Gewebdicke 3,5 mm. betrug. Die Belastung von 233 gramm durch eine eiserne Klemme mit ebenen Presswangen und einer messingenen Wagschale bewirkte eine lineare Dehnung von 20 auf 28 cm., welche durch Einlage von 1 kgr. auf 34 cm. stieg. Der Riss erfolgte am häufigsten bei einer Beschwerung mit $2\frac{1}{2}$—$3\frac{1}{2}$ kgr., also einschliesslich der Haltevorrichtung unter einer Gesammtlast von 3733 gr. in maximo. — Das Bruchstück eines Hasenknochen von circa 1,5 q.mm. Querschnitt durfte ich bei

fester vertikaler Einklemmung mit 16 kgr. belasten, bis der Riss erfolgte. — Ein Fischbeinstäbchen von 1 q.mm. QuS. zerriss bei einer Belastung von 8 kgr., und nachdem es zu einem Streifen von 1 mm. Breite, aber höchstens 0,2 mm. Dicke verdünnt worden war, durch $2^2|_3$ kgr. —

Eine Angabe von Fick über die absolute Festigkeit der Knochen ist mittheilenswerth, weil sie die grosse Abweichung der Grenzwerthe, nach äusseren Verschiedenheiten, hier des Alters, zeigt. Ein Prisma von 1 q.mm. Querschnitt aus dem Wadenbein eines 30- und eines 74jährigen Mannes riss beziehungsweise unter einer Last von 15,03 und 4,33 kgr. —

Wertheim bestimmte 1847 die absolute Festigkeit der wichtigeren thierischen Gewebe in folgenden Mittelzahlen, welche wieder die Maximalbeschwerung in Kilogrammen auf 1 q.mm. Querschnitt des Körpers bedeuten: Knochen 7,76; Sehnen 6,93; Muskel 0,055; Nerven 0,93; Arterien 0,16; Venen 0,12. —

Zur Vergleichung dient, dass trockne Hanfschnüre gleicher Dicke durchschnittlich im Augenblick des Risses 10,784 kgr., nasse aber 12,831 kgr. trugen.

Von Hölzern prüfte ich parallelepipedisch geschnittene Stäbe von 1 q.mm. Querschnitt und fand als Mittelwerthe der absoluten Festigkeit für Fichte: 9,357; Ulme: 10,107; Linde: 10,214; Eiche: 16,035; Ahorn: 17,857; Erle: 19,001 kgr. —

B. Relative und rückwirkende Festigkeit.

§. 25. Alle organischen Gebilde sind weich und geschmeidig mit Ausnahme der Knochen und Zähne, denen die reichliche Einschmelzung mineralischer Bestandtheile grosse Härte und einen gewissen Grad von Sprödigkeit verliehen hat, welche mehr oder weniger immer mit der vorerwähnten Qualität des Stoffes verbunden zu sein pflegt. Indem nämlich die Härte eines Körpers eine einseitig sehr kräftig ausgebildete Molekularattraction unter seinen kleinsten Theilchen voraussetzt, weisen dieselben zwar bis zu einer bestimmten Grenze äussere Eingriffe siegreich zurück, gestatten aber, wenn diese überschritten ist, einen ebenso plötzlichen, als gründlichen Zerfall des Ganzen, dessen Cohärenz nur in bestimmter Lage und Entfernung der Atome von ihnen verbürgt wird.

Bei den besagten Organen kommt nun vorwiegend der Widerstand gegen das Zerbrechen und Zerdrücken in Betracht, weil im Verlauf der Lebensacte Pressung bei ein-, mehr- oder allseitiger Unterstützung zu den gewöhnlichen Ereignissen gehört. Die Stützung des ganzen Körpers oder besondrer Theile in verschiedenen Stellungen durch einzelne Knochen des Skelets und dessen Gesammt-

verband, der Zug, den namentlich die Röhrenknochen der Extremitäten unter kräftigen Muskelcontractionen erleiden, die ungeheure Pressung, unter welcher die Zahnflächen bei der mächtigen Zusammenziehung der Kaumuskeln stehen, sind hiehergehörige Fälle, zu deren Beurtheilung nur wenige Massbestimmungen vorliegen. — Vom Fischbein weiss man, dass ein Würfel von 2,5 ctm. Seite ohne bleibende Formänderung und Zersplitterung 2881 kgr. trägt, und dass der Coefficient seiner rückwirkenden Festigkeit 0,0068493L ist, welche Zahl besagt, um welchen Bruchtheil der als Einheit genommenen Länge ein Prisma vom Querschnitt eines Quadratzolles (ungefähr 6¹|₄ q.ctm.) unter obiger Belastung gedehnt wird. — Die relative Festigkeit der soliden Wand eines Röhrenknochen von 6 mllm. Breite und 1,3 mllm. Dicke fand ich bei Angriff in Mitte der beiden Stützpunkte zu 7¹|₄ kgr. —

§. 26. Sehr wichtige hieher gehörende Folgerungen fliessen aus den mikroskopischen Beobachtungen von Julius Wolff in Berlin über die Structur der Knochen, wobei die Aufmerksamkeit vornehmlich auf die innere Architektur des menschlichen Oberschenkels hingelenkt wird, an welchem die mechanischen Verhältnisse sehr einfach scheinen, doch aber einen eigenthümlichen Umstand in sich tragen, auf welchen man bisher wenig achtete, während er der genauesten mathematischen Untersuchung fähig ist. Das obere Ende des Oberschenkel wird nämlich durch die Körperlast nicht nur auf Druck, sondern weil die Kugel seitwärts vom Schafte am schief abgehenden Halse sitzt, auch auf Biegung beansprucht, was mit einer besondren Anordnung der Knochenelemente in Zusammenhang steht. An äusserst feinen Frontalschnitten durch Kopf, Hals, grossen Trochanter und Mittelstück des Oberschenkels fand Wolff folgenden Thatbestand. Die compacte Substanz, in der Mitte am dicksten, besteht aus sehr dicht gedrängten Bälkchen spongiöser Masse, welche sich an den Seiten allmälig so abzweigen, dass eine Verdünnung der Substanz bis zu gänzlichem Schwunde erfolgt. Die untersten Bälkchen der Adductorenseite schwingen sich mit beträchtlicher Bogenwölbung nach der Trochanterseite in den oberen Theil des Schaftes und den untersten des trochanter major; sie laufen dabei einander nahezu parallel; die oberen Bälkchen, namentlich die mittelsten davon, strahlen fächerförmig in den oberen Theil des Trochanter, den Hals und das Aussenstück des Schenkelkopfes. In der nächsten Schicht nähern sich die Bälkchen wieder dem Parallelismus und laufen schräg nach Oben und Innen in die Kugel, in deren innersten und untersten Abschnitt sich die letzten und schwächsten Bälkchen vertheilen. Die an der Trochanterseite im Schaft entspringenden Bälkchen gehen in langgestreckten hohen Bogen zur andren Seite, um an der Epiphysengrenze

zu enden. Parallelismus der obersten und untersten, Divergenz der mittleren Bälkchen findet sich auch hier. Dazu kommt ein kleineres Bälkchensystem, aus der fossa intratrochanterica horizontal in aufwärts convexen Bogen nach Aussen gegen den trochanter major, nach Innen in die obere Hälfte des Schenkelkopfes ausstrahlend. — Balken, welche gegen die Markhöhle hin die compakte Substanz der lateralen und medialen Seite verbinden, muthmasslich Fötalreste, sind allein nach Abwärts convex. — Jedes Bälkchen der Trochanterseite kreuzt sich mit einem entsprechenden der Adduktorenseite in der Mittellinie des Knochens unter einem rechten Winkel, so dass die Hohlräume zwischen ihnen meist Quadrate mit manchmal abgerundeten Ecken sind. — Wenn alle Frontalschnitte dies Gefüge, nur mit verschiedener Stärkeentwicklung der Bälkchen auf dieser oder jener Seite zeigen, erweist sich unter den von hinten nach vorn angelegten Längsschnitten der durch die Achse als ausgezeichnet hinsichtlich der Anordnung in der spongiosa, welche aus einer Reihe der Knochenachse parallel aufsteigender Bälkchen und einem System dazu senkrechter besteht. — Querschnitte durch die spongiosa lassen im Schaft vierseitig angeordnete Bälkchenreihen, im Schenkelkopf concentrische Ringe und radical laufende Bälkchen erkennen.

Culmann in Zürich findet nun die spongiosen Bälkchen an vielen Stellen des menschlichen Körpers genau in denselben Linien gebaut, welche mathematisch in der graphischen Statik an Körpern entwickelt werden, die ähnliche Formen haben, wie die betreffenden Knochen, und ähnlichen Krafteinwirkungen ausgesetzt sind, wie sie.

Ein der oberen Abtheilung des Oberschenkelknochens ähnlich gebogener Stab, dessen äusserstes Ende belastet ist, wird längs dem gekrümmten Stück in seiner Biegungsfestigkeit auf die Probe gestellt, indem die an der konkaven Seite liegenden Theilchen einander genähert oder zusammengedrückt, diejenigen auf der konvexen Kante auseinander gezerrt und gespannt werden; dazwischen liegt die neutrale Faserschicht, in welcher die Wirkungskreise der Pressung und Zerrung sich berühren. Mit der geometrischen Achse des gegebenen Körpers fällt diese Grenze nur zusammen, wenn die Resultante der ausserhalb eines Querschnittes thätigen Kräfte demselben parallel ist, während, wenn beide sich schneiden, die neutrale Faser auf der dem Schnittpunkt entgegengesetzten Seite liegt. Je näher ein Theilchen der neutralen Faserschicht sich befindet, desto geringer ist einerseits seine Pressung, anderseits seine Zerrung, und umgekehrt wachsen beide Einwirkungen mit der Entfernung des betrachteten Punktes von jener.

Ausserdem unterliegen die Theilchen des belasteten Körpers einem Anspruch auf ihre Schubfestigkeit, indem die in einem

bestimmten Längs- oder Querschnitt liegenden Punkte gegen die entsprechenden des benachbarten verschoben werden sollen. Dies Bestreben tritt in der neutralen Achse am mächtigsten auf.

Werden auf beliebigen zur Achse des betrachteten Körpers schiefen Schnitten die drei Kräfte: Druck, Zug, Schub nach allgemein mechanischem Schema combinirt, so findet man an vier um 90° von einander abstehenden Punkten maxima der beiden ersteren zugleich, oder der dritten allein, welche im vorausgehenden Fall Null wird. Vergegenwärtigt man sich für ein solche Situation, in welcher also die Schubkraft wegfällt, so dass in ihrer übrigens in jedem Punkte wechselnden Richtung ein Schnitt unbeschadet der Festigkeit des Balken geführt werden dürfte, den dadurch blossgelegten Verlauf der Fasern, so erscheinen die einen als Druckkurven der Maximalpressungen, die andren als Zugkurven der Maximalzerrungen. Durch sie könnte der als massiv vorausgesetzte, Widerstand leistende, Körper ersetzt werden, ohne dass der mechanische Effect im Mindesten alterirt würde. Am oberen Stück des menschlichen Oberschenkels ist nun dies System der Culmann'schen Trajectorien, oder Druck- und Zug-Kurven zur wirklichen Ausführung gebracht, indem nur in ihren Richtungen Knochensubstanz vorhanden ist, während im compacten Gefüge die einzelnen Schichten als stützende Fortsätze der Spongiosenbälkchen erscheinen.

Am Oberschenkel werden durch die Körperlast die Theilchen der Adductorenseite zusammengedrückt, diejenigen der Trochanterseite auseinander gezerrt, die Bälkchen dort sind demnach Druckkurven, die Bälkchen hier Zugkurven. Beide, und überhaupt alle Bälkchen der Spongiosa drängen sich gegen die Mitte des Röhrenknochen zu einer äusserst soliden Masse zusammen, weil mit steigender Entfernung vom Angriffspunkt der Last die Zug- und Drucklinien dem Parallelismus zustrebend gegen die Oberfläche laufen, demnach an der kritischen Stelle der Maximalwerth der Körperlast zu tragen ist. Ein Gewicht von 30 Kgr. am oberen Knochenende steigert sich beispielsweise zu einer Einwirkung von 160 Kgr. am Mittelstück des Knochen.

Ueber die Markhöhle gelangen wir aus Vorstehendem zum Verständniss, dass sie nicht bloss unter möglichster Materialersparniss zur, für reichlichen Muskelansatz nothwendigen, Umfangsgrösse des Knochen beiträgt, sondern dass sie überdies da angelegt ist, wo in der That kein mechanisches Bedürfniss nach fester Masse besteht, weil ohnedem die im Querschnitt der Diaphyse construirbaren Zug- und Druckkurven sämmtlich peripherisch zu liegen kommen.

Auch an andren Knochen harmonirt die innere Architektonik mit dem mechanischen Bedürfniss. — Während der humerus der Vierfüssler dem femur ähnlich gebaut ist, weicht der Oberarm

des Menschen in seiner spongiosa von dem dargelegten Schema zweckentsprechend ab. — Das Schienbein ist mit drei Bälkchensystemen der beschriebenen Art ausgestattet, und der Fersenknochen in viererlei Faserreihen aufgebaut. — Das weitere Detail indess wie die an Wolff's Beobachtungen geknüpfte Folgerung über das Wachsthum der Knochen überschreitet die Grenzen der allgemeinen organischen Physik —

§. 27. Von den sonst der praktischen Mechanik bekannten Widerstandsformen gegen gewaltsame äussere Zumuthungen könnte die bei tordirenden Einflüssen zur Geltung kommende Drehfestigkeit allenfalls an Gefässhäuten und Drüsenausführungsgängen in Anspruch genommen, während des normalen Lebenslaufes jedoch kaum ernstlich gefährdet werden. — Häufiger und kräftiger mögen in dieser Art auf pflanzliche Organismen elementare Kräfte oder technische Verwendungen einwirken, deren Resultate einerseits so ausschliesslich im Sinne der letzteren erworben und gedeutet, anderseits so ungleichartig sind, dass ich hier nicht speciell darauf eingehe, sondern mich auf eine Mittheilung beschränke, welche mir desshalb am besten hieher zu passen scheint, weil die Unterschiede ihrer Angaben auf differente Vegetationsstadien zurückführbar sind. Nach Ladrey wurde von vier unter ganz gleichen Umständen herangewachsenen Kiefern die erste Ende December, die zweite, dritte und vierte je um ein Monat später gefällt. Gleich dicke Balken davon zeigten beziehungsweise eine relative Festigkeit von 100, 88, 80, 62. Von vier in ähnlicher Weise gewonnenen Fichtenpfählen war der erste nach 16 Jahren noch gut erhalten, während die andren schon nach einem Viertel dieser Zeit brüchig geworden, und nach 8 Jahren vermodert waren. Von vier ebenso hergestellten Eichenklötzen, welche die Böden eiserner Gefässe bildeten, liess das Decemberholz von Wochenlang darübergestandenem Wasser keine merkliche Spur durchsickern; beim Januar- und Februarholz geschah dies schon in 48, beim Märzholz in 24 Stunden.

In all' diesen Beispielen zeigt sich der die Cohärenz des Holzgewebes schädigende Einfluss der mit vorschreitendem Frühling vermehrten Saftströmung. —

2. Elasticität.

§. 28. Obschon schliesslich alle physikalischen Eigenschaften der organischen Gewebe in den Molekularkräften der Elementartheile begründet sind, prägt ihnen doch der Umstand, dass sie erst als secundäre oder tertiäre, jedenfalls abgeleitete Erweisungsformen primitiver Thätigkeiten erscheinen, Eigenthümlichkeiten auf, unter denen

eine vielseitigere Geltendmachung aber auch ein geringerer Grad von Vollkommenheit gegenüber den cellularen Qualitäten hervorleuchtet. So kommt auch die an den Zellen wohl absolute, doch auf ein sehr kleines Gebiet beschränkte Elasticität in den zusammengesetzten Geweben viel weniger rein und stark, aber dafür hinsichtlich der dadurch ausgelösten oder der damit in Zusammenhang gebrachten Erscheinungen weit folgenreicher zur Wirksamkeit, als von elementaren Acten unmittelbar zu erwarten wäre.

A. Elasticität thierischer Stoffe.

§. 29. Die thierischen Stoffe besitzen sämmtlich mehr oder weniger die Fähigkeit, nach bestimmten Kraftansprüchen an Form und Umfang die letzteren ohne namhafte bleibende Aenderung in ursprünglicher Weise wiederherzustellen. Doch kommt ihnen dies Vermögen der Elasticität nur innerhalb enger Grenzen zu und für dasselbe Gewebe in verschiedenem Grade nach gewissen physikalischen, mit Entwicklungstufe des Alters, Geschlecht, Ernährungszustand, physiologischem Gebrauch oder pathologischer Veränderung variablen Eigenschaften, worunter der Wassergehalt eine grosse Rolle spielt. — Weiche stark wasserhaltige Massen, wie Drüsen und Nerven sind höchst unvollkommen elastisch, also leicht nachgiebig gegen äussere Eindrücke und wenig zur Ausgleichung ihrer Folgen geeignet. Doch gibt die Probe nach dem Tode kein richtiges Mass für die im Leben jedenfalls grössere Spannkraft dieser Organe; ausserdem ist wahrscheinlich die molekulare Elasticität der Nerven oder Hirnelemente, welche nicht direct geprüft werden kann, eine sehr beträchtiche, denn bloss auf ihre Kosten werden die veränderungsraschen psychischen Umsetzungen möglich, welche auf eine ebenso leichte und schnelle Störung als Wiederherstellung des Gleichgewichtes schliessen lassen. — Andre Gewebe, darunter die Muskeln, erfordern eine bedeutende Krafteinwirkung, wenn etwas an ihrer Gestalt oder Grösse alterirt werden soll, und kehren, wenn dies nicht in allzu ausgedehntem Masse geschah, vollkommen in die früheren Verhältnisse zurück. Diesen Organen kommt übrigens eine Art von activer Elasticität zu, welche, unter der physiologischen Bezeichnung der Contractilität, darin sich äussert, dass durch den Einfluss des Willens oder vielmehr der in ihm zum Ausdruck gelangenden Nervenacte und der als Reizmittel gleichwerthigen Elektricität die Molekularkräfte der Muskelatome in sehr hohem, zur Verkürzung und Erhärtung der Masse führenden Grade, doch nur vorübergehend gesteigert werden. Die Umänderung, welche hiebei vermuthlich in der Anordnung der kleinsten Theilchen vor sich geht, schreitet mit nicht sehr grosser Geschwindigkeit im Muskelge-

webe fort, und zwar, wie sich in der wulstartigen Erhebung der zunächst von der Contraction ergriffenen Partien verräth, wellenförmig, so dass das ursprüngliche coërcitive atomistische Gleichgewicht in den aufeinanderfolgenden Schichten nach Art der Oscillationsmittheilung überwunden wird. — Die Veränderlichkeit der Muskelelasticität unter verschiedenen Einflüssen und in mannigfachen Phasen des Lebens und Todes ist von den Physiologen verfolgt und in dieser Hinsicht erkannt worden, dass die elastischen Kräfte in der Todtenstarre wachsen, bei der Zusammenziehung des lebenden Muskels aber vermindert werden. Die leichtere Dehnbarkeit des thätigen oder überhaupt verkürzten Muskels erschloss Eduard Weber aus der Beobachtung, dass der belastete und durch Reizung zur Verkürzung gebrachte musculus hyoglossus des Frosches einen viel beträchtlicheren Unterschied der Erhebungshöhen zeigte, als die Differenz der beziehlich von 1 und 2 Gramm hervorgebrachten Dehnungen betrug. Um hieraus die Abnahme der Elasticität mit steigender Belastung herzuleiten, muss allerdings vorausgesetzt werden, dass die Ermüdung auf den Verkürzungsgrad keinen störenden Einfluss übe, was nicht ohne Weiteres und im Allgemeinen angenommen werden darf, wohl aber innerhalb der gegebenen Versuchsgrenzen. Wundt erklärt die Elasticitätsverminderung bei der Contraction, welche nur auf diese als Phänomen der linearen Verkürzung, nicht als activen Lebensprozess zu beziehen ist, aus der Zusammendrückung der Elementartheile, die der Muskel bei der, mit der Verminderung der Längsfaserrichtung verbundenen, Verkleinerung des Volumen erfährt.

Die meisten auf ihre Elasticität innerhalb mässiger Grenzen geprüften Körper verlängern sich den auf sie geübten Zugkräften proportional; die weicheren organischen Stoffe erfahren dagegen bei der anfänglichen Steigerung der Belastung die stärkste Verlängerung und werden später durch grössere Gewichte verhältnissmässig weniger gedehnt. — Bei der einer bestimmten Gewichtgrösse theoretisch entsprechenden Streckung pflegt es an den Geweben thierischer wie pflanzlicher Abstammung nicht zu bleiben, vielmehr nehmen sie unter fortdauernder Belastung Tage, ja Wochen hindurch allmälig und immer langsamer an Länge zu, eine Erscheinung, welche man als elastische Nachwirkung bezeichnet, und vermuthlich allen, auch den starrsten Körpern zuschreiben darf, nur in einem mit der geringeren Dehnbarkeit übereinstimmenden viel schwächeren Grade. Weber findet die Ursache der elastischen Nachwirkung in der unvollkommenen Wiederherstellung des von äusseren Kräften gestörten molekulären Gleichgewichtes, indem die für jede Spannung bestimmte Stellung der Elastizitätsachsen der kleinsten Theilchen nur sehr langsam aus der vorhergehenden sich entwickelt.

Wertheim fand als Elasticitäts-Coefficient der Knochen, worunter das in Kilogrammen ausgedrückte Gewicht verstanden wird, durch das ein Körper von 1 q mllm. Querschnitt um seine eigene Länge ausgedehnt würde, wenn er nicht, was natürlich geschieht, vorher zerrisse, = 2264, Wundt als denjenigen der Sehnen: 1,6693; Nerven: 1,0905; Muskeln: 0,2734; Arterienhäute: 0,0726. — Eine treffliche Untersuchung stellte 1835 Weber über die Elasticität der Seidenfäden an, und fand sie ausreichend, vor dem Riss eine Dehnung um $^1|_7$ der ursprünglichen Länge zu vertragen, aber nur $^1/_3$ davon wieder auszugleichen, während $^2/_3$ den Werth der elastischen Nachwirkung repräsentirt. Diese hängt übrigens nicht von der Elasticität des Stoffes allein ab, sondern auch von dessen Sprödigkeit und Dichte, sowie von der Form des geprüften Körpers. Bei 27414 m. Länge zerreisst ein Seidenfaden durch sein eigenes Gewicht. — Für Fischbein bestimmte Tredgold die elastische Dehnung durch die zulässige Maximalbelastung auf $^1|_{116}$ der Länge.

B. Elasticität pflanzlicher Gewebe.

§. 30. Seit Hofmeisters Scheidung der pflanzlichen Gewebe in activschwellende und passiv gedehnte ist die Elasticität als ein wichtiger Factor in manchen Vegetationsacten anerkannt worden. Für den normalen Stand corrigirt die Verbindung beider Theile ihre einseitigen Tendenzen, tritt aber eine Trennung ein, so nehmen die Schwellschichten der Rinde oder des Markes dank ihrem befreiten lebhaften Ausdehnungsbestreben veränderte Formen und Dimensionen an, während die vorher gedehnten Epidermisfasern und Gefässstränge sich zusammenziehen, ohne dass dies einem positiven Contractionsvermögen zugeschrieben werden dürfte. Jedenfalls erleiden bei solchen Modifikationen die Pflanzengewebe Veränderungen, deren Besonderheit nicht verfolgt ist, welche aber wahrscheinlich auf Alterationen in Form und Volumen der Zellen zurückkommen, deren Wände hiebei viel mehr, als ihr Inhalt durch den ohne Gewichtsänderung der betheiligten Massen ablaufenden Prozess in Anspruch genommen werden.

§. 31. Eine specielle Mechanik der von Spannungsdifferenzen der Gewebe ableitbaren Bewegung liegt nicht in meinem Plane. Von Sachs (Experimental-Physiologie der Pflanzen, 1865) werden vornehmlich folgende Erscheinungen hiehergerechnet. — Passiv gedehnte Gewebe können durch Erschütterung erschlaffen und hiemit eine Krümmung z. B. längerer Blattstile bewirken. — Einseitige Erschlaffung des Schwellgewebes kann eine Krümmung veranlassen, welche an den Blättern der mimosa pudica als Reizphänomen be-

zeichnet wurde. Leise Erschütterungen der unteren Seite des Blattstilkissen bewirken bekanntlich eine nach Abwärts concave Krümmung des Organes, dessen Gesammtspannung nach Brücke abnimmt, indem die Unterseite des Schwellkörpers ausschliesslich oder doch den andren Theilen gegenüber vorwaltend wegen relativen Wasserverlustes erschlafft. – Periodische Biegungen einzelner Pflanzenorgane durch wechselnde Elastizitätsdifferenzen, welche vermuthlich im rhythmischen Gange des vegetativen Stoffwechsels begründet sind, heliotropische Krümmungen, bei denen die Lichtseite keineswegs sich verkürzt, sondern nur nach Hofmeister weniger, als die Schattenseite verlängert, Emporstrebungen horizontaler Stücke, Rankenwindungen und andre Folgen ungleicher Spannung seien bloss erwähnt. —

§. 32. In technischer Hinsicht prüfte Hagen die Elasticität der Hölzer. Poisson's Angabe, dass die neutrale Achse, in welcher die Fasern bei der Krümmung ihre Länge nicht ändern, in der Mitte des Körpers verlaufe, modificirt er bei den Hölzern dahin, dass sie merklich näher gegen die concave Seite verrückt sei, wonach sich bei gleichem Zug oder Druck die Fasern stärker ausdehnen, als verdichten, oder in ihren Bestandtheilen ineinanderschieben würden. Splint und Kern zeigen sich wider Erwarten in den elastischen Eigenschaften nicht wesentlich verschieden. Starke Durchfeuchtung des Holzes vermindert den Elasticitätsmodulus, und zwar an der Kiefer längs den Fasern im Verhältniss von 12 auf 11, quer dazu von 8 auf 3. Diese Holzart besitzt bei gerader Faserung und starkem Harzgehalt einen sehr hohen Elasticitätswerth, nämlich: ein beliebig langes Prisma von 1 q cm. Querschnitt würde auf die doppelte Länge durch ein Gewicht von 168750 - 174000 Pfd. ausgezogen, wenn der Zug längs den Fasern erfolgt, während für seine Richtung senkrecht gegen sie zu gleichem Zweck eine Last von 3292 angehängt werden müsste. Von gleicher Bedeutung sind die Zahlen für Fichte: 162083 und 1917; Eiche 128083 und 8750; Rothbuche: 180666 und 8083; Weissbuche: 178750 und 7875. Die Elasticitätsgrenze wird nach ihm für die aufgezählten Holzarten und die beiden Belastungsweisen beziehlich erreicht bei: 0,0107 und 0,0303; 0,0139 und 0,019; 0,0118 und 0,05; 0,0124 und 0,025 der Länge. Letztere Werthe werden indess anderwärts viel niedriger angegeben, so für Fichte zu $^1/_{470}$, für Eichenholz: $^1/_{130}$. — Macht die Achse des Stabes mit dem Faserlauf den Winkel φ, so folgt der Elasticitätsmodulus e aus demjenigen längs der Faser e_I und dem senkrecht darauf e_{II} nach der Formel:

$$e = \frac{e_I \; e_{II}}{e_I \sin^3\varphi + e_{II} \cos^3\varphi}.$$

IV.

Die Molecularerscheinungen im flüssigen Aggregatzustand.

§. 33. Obwohl für die gewöhnliche Betrachtung Flüssigkeiten und Gase sich namhaft von einander unterscheiden, kommt ihnen doch eine molekularmechanische Eigenthümlichkeit gemeinsam zu, welche uns berechtigt, sie als eine besondere Gruppe von Stoffen den starren Körpern gegenüberzustellen. Während im letzteren die Atome in, durch gegenseitig vorwaltende oder mit bestimmter Richtkraft ausgestattete Molekularanziehungen gesicherten, Lagen verweilen, erscheinen die Urtheilchen der tropfbaren und elastischen Flüssigkeiten allerwärts so leicht beweglich, dass man ihnen, als wesentliches Moment der Constitution eine fortwährende wirkliche Bewegung zuschreiben darf, welche im Innern der ersteren die Atome ohne Beeinträchtigung der Gesammtmasse durch wechselnde, nach allen Seiten gleich kräftige und schwache molekulare Attractionssphären führt, an der Oberfläche aber in dem hiemit am einfachsten erklärten Verdunstungsacte ins Weite treibt und so den Elementartheilen eine Fortschreitung im Raume aufprägt, die den Molekülen der Gase von Vornherein eigen ist. Dabei ist die Zulassung periodischer Schwingungen der Atome nicht ausgeschlossen und Wiener gründet auf deren Verlauf eine Hypothese der aggregativen Differenzen, welche auch die zwischen den Körperatomen befindlichen Aetherpunkte berücksichtigt. Je nachdem die Schwingungen jener mit denen dieser gleich oder entgegengesetzt gerichtet seien, erscheine der Körper im flüssigen oder festen Zustand, und bei der Umwandlung des letzteren im ersteren bilde die Schmelzungswärme das Mass der zur Umkehrung der oscillatorischen Richtungen verbrauchten lebendigen Kraft.

1. Die Flüssigkeiten.

A. Beziehung zwischen festen und flüssigen Stoffen.

§. 34. Die *Molekularanziehung fester und flüssiger Atome* führt je nach der mehr oder weniger kräftigen Cohäsion des einen betheiligten Körpers zu verschiedenen Erscheinungen, welche trotz der höchst abweichenden Erfolge doch nur Grade desselben attractiven Grundprocesses darstellen. Viele, namentlich organische Stoffe haben eine so grosse Verwandtschaft zu allen oder einzelnen Flüssigkeiten, dass diese nicht nur an den freien Flächen in fest anhaftenden Schichten *verdichtet*, sondern auch in Hohlräume aufgenommen werden, deren Existenz sich oft kaum auf anderem Wege verräth. Dabei behält aber der starre Körper durchaus sein eigenthümliches Gefüge, und wird selbst in untergeordneten Eigenschaften desselben nur so vorübergehend gestört, dass in den meisten Fällen eine Wiederherstellung der früheren Verhältnisse leicht möglich ist. Während hier vom festen Stoff gewissermassen die tonangebende Form geliefert wird, welcher sich die feine Vertheilung der Flüssigkeit unterordnet, bildet dagegen diese das morphologisch unveränderte Medium, in dessen Molekularinterstitien die festen Atome sich lagern, wenn deren Cohärenz bis zur Herstellung einer, übrigens die wesentlichen Eigenschaften der Bestandtheile nicht für immer gefährdenden *Lösung* von den neuen Anziehungskräften überwunden wird.

a. Die Quellung.

§. 35. Alle thierischen Gewebe, mit Ausnahme der direct von Fett durchtränkten oder zeitweise mit einer öligen Schmiere gespeisten, werden von Wasser benetzt, und halten dieses, nachdem es bei reichlicherem Masse in der Regel unter Temperaturerniedrigung an ihnen niedergeschlagen ist, mit beträchtlicher Kraft fest, ja, weil sie sehr porös sind, bleibt es nicht einmal bei dieser *hygroscopischen* Aeusserung, sondern die Flüssigkeit dringt ins Innere, findet an den Flächen der Poren und Kanäle zahlreiche Berührungspunkte, und wird an diesen mit solcher Intensität gefesselt, dass der *molekularmechanische Wassergehalt*, welcher von den chemisch gebundenen Sauerstoff und Wasserstoffatomen ganz unabhängig ist, einen wesentlichen Factor der natürlichen Eigenschaften und funktionellen Leistungen der organischen Körper bildet. — Als *Liebig* durch Druck den gelben Bändern des Rückgrates 35 prc., und frischen Sehnen 37,6 prc. Wasser entzogen hatte, wurden beide Substanzen durchsichtig unter Verlust des grössten Theiles ihrer Biegsamkeit und Elasticität; durch einfaches Einlegen in Wasser stellten sie aber ihre

verwandtschaftlichen Beziehungen zu demselben so gründlich wieder her, dass bald die normalen Eigenschaften der Gewebe zurückkehrten.

§. 36. In quantitativer Hinsicht ist das Quellungsresultat sehr verschieden je nach der Beschaffenheit der festen und flüssigen Stoffe, von welch letzteren Wasser am reichlichsten aufgenommen wird, während die Imbibition von Blutserum, Sekreten und Exsudaten zu deren Wassergehalt in geradem Verhältniss zu stehen scheint. In Chevreul's Versuchen nahmen binnen 24 Stunden

100 grm. Sehne	178 cub. cm. Wasser,	114 c. c. Salzwasser,	8,6 c. c. Oel,
„ „ Hornhaut	461 „ „	370 „ „ „	9,1 „ „ „

auf, und Liebig fand, dass 100 Gewichttheile Ochsenblase in 48 Stunden von reinem Wasser 310 Gewichttheile aufnahmen, während bei Vermischung des letzteren mit (vermuthlich gesättigtem) Salzwasser oder mit Alkohol die Imbibitionswerthe nach dem Verhältniss der Bestandtheile ziemlich verschieden ausfielen. Es wurden nämlich imbibirt von 100 Gewichttheilen jener Membran in einer Mischung aus

1/3 Wasser	und 2/3	Salzwasser:	219 Gewichttheile
1/2 „	„ 1/2	„	235 „
2/3 „	„ 1/3	„	288 „
1/2 „	„ 1/2	Alkohl:	60 „
2/3 „	„ 1/3	„	181 „
3/4 „	„ 1/4	„	290 „

Trockener Faserstoff, 100 gr. schwer, absorbirt 301 Wasser, 148 Weingeist von 69 prc. und 154 Volum- oder 184 Gewichttheile Salzwasser.

Von künstlichen Geweben organischer Abstammung untersuchte ich groben Flanell und Pergamentpapier der mittelfeinen Sorte auf ihr Quellungsvermögen gegen destillirtes Wasser, und dessen Mischung mit je dreissig und hundert Kubikcentimeter absoluten Alkohol auf 100 cub.-cm. HO., sowie gegen Lösungen von zehn und zwanzig Procenten Chlornatrium in Wasser, indem in jede dieser Flüssigkeiten 100 qu. em. obiger Stoffe 24 Stunden lang eingeweicht, vor und nachher aber auf die Wage gelegt wurden. Die ursprünglichen Gewichte waren beim Flanell 3,29, beim Pergamentpapier 0,79 gramm, nach 24 stündigem Liegen in reinem Wasser aber 11,27 und 1,28 gramm, wobei natürlich wie bei den späteren Versuchen durch sanftes Ausdrücken und vorsichtiges Abtrocknen zwischen Fliesspapier möglichst dafür gesorgt war, nur die wirklich imbibirte Flüssigkeitsmasse in die Bestimmung aufzunehmen; diese betrug demnach 242,5 und 62,03 Gewichtprocente. Durch den Imbibitionsprocess in den beiden Salzlösungen stiegen die Gewichte der Gewebe beziehlich auf 10,49 gramm, 10,36 gramm und 1,09 gramm; 1,01 gr. — Die Quellung in

der 30 procentigen Alkoholmischung führte zu einer Flüssigkeitsaufnahme von Seite des Flanelles zu 6,461 gramm, von Seite des Pergamentpapieres zu 0,41 gr. — endlich in der Mischung gleicher Volumtheile Alkohols und Wassers auf die Werthe 9,35 und 0,82 gr. — Die vier in gegebener Ordnung folgenden Procentzahlen der Imbibition sind mithin: 218,8 und 37,9; 214,8 und 27,8; 196,3 und 51,8; 184,2 und 3,8.

§. 37. Hinsichtlich der natürlichen Quellungsfähigkeit der Pflanzentheile wird durch die Beobachtung festgestellt, dass viele derselben durch einen fett- und wachsartigen Ueberzug oder durch verdichtete Luftschichten vor wässeriger Adhärenz, also auch vor der Imbibition geschützt sind. Dieser Schutz ist vornehmlich den mit zahlreichen Spaltöffnungen ausgestatteten Organen gewährt. Das innere Pflanzengewebe ist fast überall quellungsfähig, sofern nur das Wasser durch benetzbare Hüllen eindringen kann. — Die dem einfachsten Verlauf der Imbibition entsprechende Voraussetzung, dass das Quellungsmaterial der zur Aufnahme bereiten Fläche allseitig und vollkommen frei verfügbar ohne Betheiliglung fremder Anziehungen dargeboten werde, ist nicht immer erfüllt, indem häufig die Flüssigkeit unter dem gleichzeitigen attractiven Einfluss des Pflanzengewebes und des Erdreiches, als eines porösen Verbreitungsmittels steht. Ein günstiger Vegetationsboden wird selten und nur vorübergehend das zur vollen Sättigung seiner Flächenanziehungen nothwendige und ausreichende Maximalwasserquantum enthalten, dessen Imbibition um so mehr nach der Art organischer quellungsfähiger Stoffe geschieht, je reicher die Humusbestandtheile vertreten sind, was er aber vom ächten Imbibitionswasser auf Rechnung molekularer Attraktionen führt, ist ihm fest verbunden, während zufällig angehäufte, rein hydrostatisch verbreitetete Porenflüssigkeit leicht abläuft und noch vollständiger durch Druck entfernt wird. Viel mächtiger, als dieser, ist das Quellungsvermögen unterirdischer Pflanzengewebe, deren Molekularanziehung einem seiner Imbibitionscapacität fernstehenden Boden genug Wasser entzieht, um in einer gesunden Entwicklungsfülle zu strotzen, welche ihm ein beständiger Ueberfluss von Feuchtigkeit nicht zu gewähren vermag. Eine gewisse mit activer Anstrengung der Gewebe, d. h. eben mit einer bestimmten Entfaltung ihrer Molekularkräfte verbundene Intensität der wässerigen Quellung liegt demnach im Plane einer normaen Vegetation. Der vorbereitende Act dieser dem Organismus wesentlichen Thätigkeit besteht in der bedeutenden Imbibitions- und Verdichtungskraft des Erdbodens für das Wasser, welches gern in der Form des atmosphärischen Dunstes bezogen wird. — Wenn diese

Frage nicht vom allgemein physikalischen, sondern vom botanisch-physiologischen Standpunkt betrachtet würde, wäre den mit dem Wasser aufgenommenen Lösungsstoffen besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Hier genügt eine auch, ja vielleicht noch mehr, für thierische Gewebe giltige Bemerkung.

§. 38. Es scheint, dass eine Quellungsdifferenz sich geltend macht, wenn den festen Körpern Gelegenheit zur unmittelbaren Aufnahme von Lösungen mit verschiedenartigen Bestandtheilen gegeben ist. Absorptions- und Pressungsversuche haben ausser Zweifel gesetzt, dass in den Intermolekularräumen die Einlagerung mit ungleicher Vertheilung der Wasser- und Salzpartikel geschieht. Jene treten den Wänden der Lücken näher und werden von den starren Atomen fester gehalten, während diese in den centralen Höhlungspartien auffallend leichter durch Druck entfernt werden können, denn dieser liefert eine an Concentration der ursprünglich von Aussen zur Quellung angebotenen Flüssigkeit gleichstehende Lösung, während die direct absorbirte als eine verdünntere wasserreichere erschienen ist.

b. Die Lösung.

§. 39. Für die möglichst feine Vertheilung starrer Moleküle zwischen denjenigen einer Flüssigkeit hat man seit Lavoisier manchmal als differente Processe die Auflösung und die Lösung nebeneinandergestellt unter der Annahme, dass bei jener die Durchdringung der verschiedenartigen Stoffe eine innigere sei. Sofern hiemit nur eine graduelle Unterscheidung gemacht werden will, ist dieselbe überflüssig, denn über den wahren Werth der wirksamen Molekularanziehung und der ihr proportionalen Ausgleichung heterogener Eigenschaften in der Gemeinsamkeit des Gemisches haben wir überhaupt keine Kenntniss, sprechen indess, wenn nicht diese Ausgleichung eine für die physikalische Prüfung durchaus vollkommene ist, gar nicht von einer Lösung; will aber bei der differentiellen Auffassung jener Akte der angeblich tiefer gehende so weit gesteigert gedacht werden, dass in der Auflösung ein vollständiger Zerfall der gegebenen Moleküle und eine völlig neue Anordnung der Atome erfolge, dann haben wir es mit einer hier ausser Betracht fallenden chemischen Umsetzung zu thun.

§. 40. Dagegen gibt sich allerdings ein wie es scheint nicht bloss graduell differentes Verhalten kund, wenn man die krystallinischen und die kolloiden Substanzen vergleicht. Die ersteren, fast ausschliesslich dem Mineralreich angehörig, oder wenn auch sei

es durch den Naturprocess, sei es künstlich aus vegetabilem oder animalem Materiale erzeugt, meist dem eigentlichen Leben entrückt und jenen in den formellen Eigenschaften ganz ähnlich, lösen sich wirklich in vielen Flüssigkeiten, zumal im Wasser; die letzteren, mit Ausnahme der gallertigen Kieselsäure, überwiegend oder völlig in den organischen Kreisen heimisch, werden zwar unter günstigen Umständen, zu denen vornehmlich mechanische Zerkleinerung und Temperaturveränderungen gehören, in ausserordentlich feiner Vertheilung zwischen die Flüssigkeitsmoleküle gelagert, aber die festen Atome bewahren doch in hohem Grade ihre Selbstständigkeit, was unter Anderem sich darin verräth, dass alle auf besagtem Wege hergestellten Suspensionen ein mehr oder weniger trübes Aussehen zeigen. Vermuthlich hängt damit die leichte Ausscheidungsfähigkeit erstarrender Elemente zusammen, welche die auf flüssigem Wege durch den Organismus verbreiteten organischen Kolloide für das Leben unentbehrlich macht. Der bedeutendste Forscher auf diesem Felde, Graham scheint mit seiner Bezeichnung des krystalloidischen Zustandes als statischen, des kolloiden als dynamischen auf den in letzterem im Fluss befindlichen Umsatz der Kräfte anzuspielen. —

§. 41. Von den pflanzlichen Stoffen hat in der hier fraglichen Hinsicht die Stärke besondre Untersuchung gefunden. Nägeli erklärt die Löslichkeit derselben durch hinreichende Versuche widerlegt, Jessen hält dagegen an der älteren vornehmlich von Guerin-Varry und Delffs gestützten Ansicht fest, dass es nur der mechanischen Zerstörung der Zellhäute bedürfe, um die beginnende Auflösung daran zu erkennen, dass das darüber gegossene Wasser schleimig und fadenziehend wird, später aber zumal unter Verdünnung sich klärt, keinen weiteren Bodensatz oder Filterrückstand gibt, und auch bei starker Vergrösserung durchaus keine suspendirten festen Theilchen verräth, wohl aber die Gegenwart gelöster Stärke durch die bekannte Jodreaktion. Dagegen erhielt Wicke bei derartigen Lösungsversuchen stets eine trübe Flüssigkeit, „die auf den ersten Blick suspendirte Theile verrieth." Die opalisirende Flüssigkeit gab schon nach 24 stündigem Stehen in einem flachen Gefässe einen merklichen Niederschlag und müsste wohl auch, wenn sie wirklich Stärke gelöst enthielte, eine viel lebhafter gefärbte Jodreaction zeigen. Dem hält indess Jessen entgegen, dass die Lösung nur desshalb schwach und trüb ausgefallen sei, weil die Zubereitung des Stärkmehles und die Filtration nicht gehörig ausgeführt worden wären. Die mikroskopische Verwechselung einer wirklichen Lösung und einer fein vertheilten Schleimmasse erscheine dem geübten Beobachter unmöglich, weil bei künstlicher Färbung des Mediums differente

Nuancen der Farbe, oder wenn kein Pigment zugesetzt werden darf, die Verschiedenheit in der Brechung des Lichtes den Sachverhalt um so sicherer anzeige, als sowohl pflanzlicher wie thierischer Schleim selten völlig structurlos ist.

Im Verlauf weiterer auf diesen Gegenstand bezüglicher Angaben bringt Delffs eine ansprechende theoretische Erwägung bei. Sofern nämlich das Stärkekorn als organisirter Körper an der allgemeinen Bildungsweise dieser Theil nehmend durch Intussusception wächst, muss ein löslicher Stoff diosmotisch in die Zellen eintreten, welcher schwerlich so rasch in unlösliche Substanz verwandelt wird, um nicht bei Zerreissung der Zellwände zum Theil in ursprünglicher Form angetroffen zu werden. Dies „Amylogen" dürfte verhältnissmässig am reichlichsten in den centralen Schichten vorhanden sein, während die, hiemit für älter erklärten peripherischen Lagen, als eine unlöslich gewordene isomere Modification jenes Körpers seine Abgabe an Wasser vom unzerriebenen Stärkekorne hindern.

§. 42. Ein recht sinnenfälliger Ausdruck für die bei der Lösung als erste Bedingung stattfindende Anziehung der kleinsten Theilchen ist das Phänomen der Zusammenziehung, welches sich darin äussert, dass in der Regel das Volum der Lösung kleiner ist, als die Summe der Volumina der Bestandtheile. Die fragliche Verminderung kann bis auf 1 prc. der letzteren steigen.

Neben der die wichtigste Voraussetzung einer möglichen Lösung bildenden atomistischen Anziehung unter den betheiligten Stoffen ist die Wärme ein so einflussreicher Factor, dass die Sättigungscapacität der Flüssigkeit, d. h. das Vermögen, ein zu ihrem Volum im bestimmten Zusammenhang stehendes Quantum festen Stoffes aufzunehmen, fast immer mit den Schwankungen der Temperatur bald in gleichem, bald entgegengesetztem Sinne sich ändert. —

§. 43. Werden gleichzeitig mehrere Salze der nämlichen Flüssigkeit zur Lösung dargeboten, so theilen sich jene in diese nach dem Verhältniss der betreffenden Sättigungscapacitäten. Im Allgemeinen wird unter sonst gleichen Umständen von jedem der Salze weniger in Lösung genommen, als beim vereinzelten Verlauf des Processes; über die besondren quantitativen Verhältnisse können nur Versuche entscheiden, deren unter Anderen C. v. Hauer für isomorphe Substanzen mit folgenden Hauptergebnissen angestellt hat.

Wenn das schwerer lösliche von je zwei Salzen sich in der gesättigten Lösung des leichter löslichen in irgend beträchtlicher Menge auflöst, sind sie nicht isomorph, welch letztere Körper Schrauf für variable Vielfache Einer Grundgestalt erklärt.

Von zwei isomorphen Salzen wird das schwerer lösliche vom leichter löslichen um so vollkommener verdrängt, je grösser von Vorn herein der Unterschied ihrer Löslichkeit war.

Es lassen sich Salzlösungen herstellen, welche aus einem trockenen Salzgemeng gewisse Salze aufnehmen, andere ungelöst lassen, weil isomorphe schwer lösliche Salze von gesättigten Salzlösungen in der Regel gar nicht beeinflusst werden. —

Verfolgt man diese complicirteren Lösungsacte bis auf den kleinsten Schauplatz molekularer Thätigkeit, so erscheint diese im nämlichen Augenblick immer nur zwischen den Atomen je zweier Stoffe flüssigen und festen Aggregatzustandes möglich, von denen der letztere seine einem zweiten Salze gegenüber erhöhte Lösungsfähigkeit nur in der gleichzeitigen Mehrzahl jener molekularen Wechselwirkungen geltend macht. Man kann sich demnach vorstellen, dass der schneller lösliche Stoff zuvörderst von der Flüssigkeit zu einer gesättigten Lösung aufgenommen werde, welche dann unter theilweiser Verdrängung des einen durch den andren Körper mit letzterem in Bezug tritt. — Doppelsalzen gegenüber schreibt Graham der zur Lösung führenden Molekularattraktion eine solche Macht zu, dass bei verschiedengradiger Diffusibilität der Bestandtheile ihre chemische Verbindung bis zur Zersetzung gelockert werden kann.

§. 44. Für den Fortgang des Diffusionsprocesses hatte Fick die Vermuthung ausgesprochen, dass für dessen Intensität der Flächeninhalt und die Concentrationsdifferenz der benachbarten Schichten massgebend seien, was Voit in Versuchen mit Rohr- und Traubenzucker bestätigt fand.

B. Die Mischung der Flüssigkeiten.

§. 45. Die einleitende Arbeit zur Entfaltung einer innigeren molekularen Wechselwirkung, die Lockerung des starren Gefüges, ist im jetzt betrachteten Falle erspart, indem die leichte Beweglichkeit der Atome in den betheiligten Stoffen hier bereits vorausgesetzt wird. Gerade am Mischbarkeitsverhältniss der Flüssigkeiten sieht man indess deutlich, dass die allgemeinen mechanischen Eigenschaften für die feineren Vertheilungen und Beziehungen der Stoffe nicht ausschliesslich massgebend sind, sondern dass es dabei vornehmlich auf die Anziehungsintensität der kleinsten Theilchen ankommt, denn so leicht beweglich oder durcheinander verschiebbar diese auch sein mögen, mischen sich zwei Flüssigkeiten doch nicht, sofern ihnen ein bestimmter Grad von Adhäsion fehlt, sondern lagern sich ihrer Dichte nach übereinander, während den besondren Ansprüchen der letzteren entgegen verwandtschaftliche Sub-

stanzen zu einem neuen, erst mit der völlig gleichartigen Anordnung der beiderseitigen Moleküle erreichten Gleichgewicht streben. Vorübergehend allerdings kann man auch von nicht mischbaren Flüssigkeiten ein fast homogen erscheinendes Gemeng herstellen, nämlich durch kräftige Erschütterung, aber die gewaltsame Anordnung weicht in der Ruhe unter allmäligem Sinken der schwereren und Steigen der leichteren Materie von selber der natürlichen Schichtung; für die durch Molekularkräfte gemischten Flüssigkeiten ist dagegen charakteristisch, dass sie in grob mechanischer Weise nicht mehr getrennt werden können, sondern, abgesehen von chemischer Zersetzung, nur dadurch, dass der eine der Bestandtheile seinen Aggregatzustand ändert. — Auch hier pflegt oft die innige Aneinanderreihung der Partikel in einer Concentration des Gemisches sich zu verrathen.

§. 46. K. Hofmann betrachtet die Mischungen von Stoffen, welche unter Umständen zerlegend aufeinander wirken, und geht hiebei von der Voraussetzung aus, dass das Mass einer Eigenschaft der Mischung nicht bloss von dem relativen Mengenverhältniss und der Art der letzten Bestandtheile, sondern auch von der Gruppirung dieser zu näheren Verbindungen abhängt. Die Ergebnisse eigener Versuche scheinen indess der Angabe nicht günstig zu sein, denn eine im gleichen Lösungsquantum enthaltene Gewichtmenge der Atomgruppe SO_4 übt auf die Dichte denselben Einfluss, ob sie an die entsprechende Anzahl Ka, oder die gleiche von NaAtomen gebunden ist. — Hinsichtlich der Frage, ob bei Vermischung von Chlorkalium und Glaubersalzlösungen eine von der chemischen Umlagerung unabhängige Dichteänderung eintrete, überzeugte sich Hofmann, dass die Verdichtung einfach mit zunehmender Concentration wächst, und nur der Anziehung zuzuschreiben ist, welche die bloss gemengten Theilchen der durch die Mischung entstandenen Salzverbindungen gegenseitig ausüben, ferner der hiebei eintretenden Aenderung in den Anziehungsverhältnissen der Salz- und Wassermoleküle. — Der optische Brechungscoefficient einer aus jenen Salzlösungen hergestellten Mischung erscheint etwas höher, als der aus der theoretischen Abschätzung der die Mengung und Umsetzung begleitenden Umstände berechnete Werth, ist demnach gleichfalls von der chemischen Umlagerung unabhängig. —

§. 47. Die molekulare Bedeutung der Flüssigkeitsmischung wird besonders auffällig, wenn vorsichtig die leichtere über der schwereren geschichtet wird, so dass, da den allgemeinen Ansprüchen der terrestrischen Anziehung Genüge geleistet ist, die dennoch erfolgenden Bewegungen der Flüssigkeiten nur aus der gegenseitigen Attraktion der kleinsten Theilchen herzuleiten sind. Die Aus-

gleichung ist, falls die betheiligten Substanzen leicht mischbar sind, eine vollständige, die Zeit, binnen der sie erreicht wird, verschieden nach Qualität, Concentration, Temperatur der Stoffe. Für Salzlösungen ist die unter gleichen Umständen in derselben Zeit in Wasser diffundirende Menge des Salzes proportional der Dichte der Lösung, als deren Einheit die Aufnahme eines Theiles Salz in 100 Theilen Wasser betrachtet wird. Bei Vergleichung verschiedener Salzlösungen ist jedoch der Concentrationsgrad allein nicht mehr entscheidend, sondern auch die Art des gelösten Stoffes, indem unter gleichen Verhältnissen die Diffusibilität des Chlorkalium fast doppelt so gross erscheint, als diejenige des kohlensauren Natron, beinah dreimal grösser, als die des Kupfervitriol, und unvergleichlich bedeutender, als diejenige der (gallertigen) Kolloide.

C. Diosmose.

§. 48. Die Molekularanziehung der Flüssigkeitstheilchen kommt auch dann zur Geltung, wenn die in einem bestimmten Verwandtschaftsgrad stehenden verschiedenartigen oder abweichend concentrirten Stoffe durch eine feste Scheidewand getrennt sind, vorausgesetzt, dass diese porös und für die betreffenden Flüssigkeiten quellungsfähig ist. Erscheint die Adhäsion zwischen den betheiligten festen und flüssigen Molekülen gegenüber dem Cohäsionsbestreben der gleichartigen unter sich so geringfügig, dass keine merkliche Strömung in die Intermolekularräume des starren Körpers statthat, so ist von den hier in Rede stehenden Processen nichts weiter zu erwarten.

§. 49. Was die ausserdem vorausgesetzten Poren betrifft, so fehlen dieselben wohl nirgends, indem die Porosität wenigstens durch indirecte Beweise als eine allgemeine Eigenschaft der Materie hingestellt ist, aber der Abstufungen, in denen diese Beschaffenheit der Körper sich kund thut, gibt es viele. Darunter interessiren uns indess zunächst nur zwei Hauptgrade, deren Charakteristik darin besteht, dass im einen Fall die Hohlwege und Räume weit genug sind, um dem hydrostatischen Druck die Fortpflanzung zu gestatten, im andren aber zu eng, als dass durch sie eine andre Wechselwirkung als eine rein molekulare möglich wäre. Nur in letzterem Sinne kann von eigentlicher Diosmose gesprochen werden, während sonst ein gröblicher Durchtritt der Flüssigkeit in gerader Abhängigkeit von der Quadratwurzel der Druckhöhe stattfindet, welcher, sofern er überhaupt oder doch erst ergiebiger unter bestimmten Pressungen erfolgt, der uns hier beschäftigenden Frage, als vorbereitendes, begleitendes, vielleicht auch störendes Phänomen nicht ganz fremd ist, und eine genauere Untersuchung verdient, die er auch vornehmlich durch

Ludwig über die Filtration des Blutserums durch Haargefässwandungen und durch Schmidt über die Beschaffenheit des Filtrates bei Filtration von Gummi, Eiweiss, Kochsalz, Harnstoff und Salpeterlösungen durch thierische Häute gefunden hat. —

§. 50. Nachdem in der letzteren Arbeit (Poggendorff's Annalen der Physik 99. und 114. Band) eine, wie voraussichtlich, grosse Abhängigkeit der Filtrationsgeschwindigkeit von theilweise unbekannten Eigenthümlichkeiten, besonders von der Spannung der Membran, von dem auf ihr lastenden Druck und von der Dauer des Versuches festgestellt war, wurde unter möglichster Sicherung gegen die aus den erwähnten Umständen zu erwartenden Störungen hinsichtlich des Temperatureinflusses gezeigt, dass derselbe in geradem Verhältniss die Filtration durch thierische Häute beschleunigt, dann die Filtrationsgeschwindigkeit als eine zwar dem Druck nicht einfach proportionale, wohl aber damit nach etwas höherem Verhältniss zunehmende erkannt.

Von sonstigen Resultaten dieser Untersuchung sind folgende die wichtigsten.

1) Bei geringem Procentgehalt der über dem Herzbeutel des Rindes stehenden Lösung und unter schwachem Druck vermindert sich die relative Sättigung des Filtrates. Es geschieht dies in noch stärkerem Verhältniss als oben, wenn hier die Concentration der aufgegossenen Lösung allmälig herabgesetzt wird. Ist der Druck intermittirend, so fallen die Verhältnisse der Procentgehalte von Filtrat und Lösung kleiner aus, als unter constantem Druck bei sonst gleichen Umständen.

2) Höhere Temperatur verringert den Procentgehalt des Filtrates, was sich bei Gummi und vermuthlich allen colloiden Stoffen daraus erklärt, dass die Zähigkeit der sogenannten Lösungen mit der Wärme weniger schnell abnimmt, als diejenige des Wassers.

3) Bei Anwendung einer frischen Scheidewand erhält man quantitativ wie qualitativ constantere Filtrationsresultate, als mit älterem viel gebrauchtem Material, für welch letzteres sowohl die Menge als die Geschwindigkeit des Filtratdurchganges in raschem Verhältniss steigen. Oeftere Benützung einer schon einmal durch eine Haut gegangenen Lösung ändert dagegen die Gesetzmässigkeit ihrer Filtration nicht.

4) Der relative Procentgehalt von Gummilösungen ist mathematisch bestimmt in der Formel $x = ACDT$, worin A eine von der Beschaffenheit der Haut abhängige Grösse, C von der Concentration der oberen Lösung, D vom Druck, T von der Temperatur bedingt ist. Aus den Versuchen folgt durchschnittlich, dass C im Verhältniss 1 : 0,76 sich vermindert, wenn die Concentration der oberen Lösung

von 2,872 auf 1,592 prc. abnimmt; eine ähnliche Bedeutung haben die Quotienten $\frac{1}{0,91}$ und $\frac{1}{0,93}$ für D und T, wenn beziehungsweise der Druck von 220 auf 120 mm. Quecksilber sinkt, oder die Wärme von 12 auf 24° C. steigt. — Der Wasserstrom wird namhaft vermehrt, der Gummigehalt des Filtrates also gemindert, wenn der unteren freien Fläche des Filtrums auf Kosten der durchdringenden Gummilösung Wasser entzogen wird. Etwas Gummi tritt übrigens auch bei Minimalpressungen in und durch die Membran, deren Intermolekularräume eine kleine, den Flächenanziehungen entsprechende, vom Druck gar nicht, oder doch nicht ausschliesslich abhängige Menge der kolloiden Lösungsbestandtheile aufnehmen.

5) Bei Filtration eines Lösungsgemisches von Gummi und Kochsalz in Wasser übersteigt der relative Procentgehalt des Filtrates an Kochsalz die Einheit um so mehr, je verdünnter das Filtrat hinsichtlich des Gummi erscheint. Enthält die zu filtrirende Lösung gleichzeitig Harnstoff und Gummi, so wird gleichfalls das Filtrat um so reicher an jenem, je mehr darin der Gehalt an diesem zurücktritt. —

6) Die Membranfiltration von Eiweisslösung oder Suspension gibt stets ein Filtrat, welches an Eiweiss ärmer ist, als der Aufguss. —

§. 51. Innerhalb des Organismus ist abgesehen von zufälligen und vorübergehenden Ereignissen untergeordneter Art nur Eine aber höchst wichtige Gelegenheit zu wirklicher, wenn schon durch die morphologischen, mechanischen und chemischen Verhältnisse eigenthümlich modificirter Filtration gegeben, nämlich innerhalb der Nieren, deren Thätigkeit die Ludwig'sche Theorie entschieden in das beste physikalische Licht stellt. Von der besondren Anordnung des Blutlaufes in der Niere und der normalen Undurchgängigkeit der Capillarwände für Proteinstoffe und Fette ausgehend kann man in Verfolgung der exacten naturwissenschaftlichen Methode zur Annahme gelangen, dass der auf die Innenfläche der glomeruli wirkende Blutdruck das Serum mit allen der Porendiffusion fähigen Bestandtheilen durch die Gefässwände in die Hohlräume der Harnkanälchen treibe. Physikalisch genügt zur Stütze dieser ebenso einfachen als geistvollen Hypothese der thatsächliche Zusammenhang zwischen der Spannungsdifferenz des Inhaltes der Blut- und Harngefässe mit der Geschwindigkeit und Ergiebigkeit der Harnabsonderung; physiologisch kann ich die Frage nicht weiter verfolgen, aber die den Uebergang zum nächsten Gegenstand bahnende weitere Angabe Ludwig's nicht unterdrücken, dass die ferneren Stadien der renalen Funktion an die Diosmose der in die Harnkanälchen filtrirten Flüssigkeit und des relativ concentrirten Blutes in den diese umspinnenden Capillaren gebunden ist, dass jedoch hiebei ein chemischer oder kata-

lytischer Einfluss der Epithelzellen um so weniger unterbleibt, als das im normalen Harn fehlende Eiweiss an sich keineswegs von jeglicher Diffusion ausgeschlossen ist, vielmehr nach Wittich schwachen Salzlösungen gegenüber in Vergleich zu reinem Wasser erst eine Vergrösserung seines endosmotischen Aequivalentes erfährt. —

§. 52. Der Anfang jeder ächten Diosmose ist die Quellung der Scheidesubstanz. Der Austritt der imbibirten Flüssigkeit wird durch den Luftdruck, eine andre einseitige Pressung, oder die Verdunstung an blossliegenden Flächen befördert, aber nicht ausschliesslich bewirkt, und wenn das eine oder andre häufig im Verlauf der organischen Vorgänge geschieht, so liegt in diesen Fällen eben keine reine Diosmose vor, kein durch Molekularanziehungen unterhaltener Austausch verschiedenartiger Flüssigkeiten, deren Bestreben, die heterogenen Eigenschaften abzugleichen, von einer porösen Scheidewand nicht gehindert, kaum gemässigt oder verzögert wird. Vieles deutet auf eine active Betheiligung der letzteren. Dass dieselbe im Allgemeinen durch ihre Quellungsfähigkeit die diosmotische Strömung vorbereitet, wurde schon erwähnt; es werden dadurch aber auch entscheidende Abänderungen in deren Gang eingeführt, je nachdem die Imbibition dieser oder jener Flüssigkeit erleichtert ist; so überwiegt, wenn Wasser und Weingeist durch eine thierische Membran getrennt sind, der Wasserstrom, dagegen derjenige des Alkohol, wenn Kautschuk als Scheidewand gewählt war. — Ferner kommt höchst wahrscheinlich, nachdem der Process im Gang ist, das Gefüge der Membran in molekulare Schwingungen, welche die Poren abwechselnd erweitern und verengern, mithin eine gewisse Periodicität der Diffusion bedingen. Ob hiebei die Electricität im Sinne der Wiedemann und Quinke'schen Diaphragmenströme eine irgendwie mitwirkende oder abgeleitete Rolle spielt, bleibt vorerst dahingestellt, die Temperatur der Umgebung und insbesondere der betheiligten Flüssigkeiten ist dagegen für diesen Theil des Processes von grosser Bedeutung, und dürfte ihre empirisch festgestellte Einwirkung auf den diosmotischen Ablauf gerade in dem Mittelgliede der Membranvibrationen seine theoretische Erklärung finden. — Welche Seite der Scheidewand nach Oben oder Unten, respective gegen die eine oder andere Flüssigkeit gekehrt ist, könnte bloss von Wichtigkeit werden, sofern bei anatomischer Ungleichartigkeit beider oberflächlichen Membranschichten die Imbibition von der einen Seite aus rascher vorginge, oder die Anordnung der Intermolekularräume und ihrer Verbindungsgänge gleichsam ventilartig in einer Richtung diesem oder jenem Stoff einen leichteren Durchgang gestattete. Vielleicht lassen sich hierauf auch diejenigen Erscheinungen zurückführen, aus denen Fick den Schluss zog, dass es nicht gleichgiltig sei, welche von zwei Flüssigkeiten beziehlich die obere oder untere Lage

rücksichtlich der horizontalen Scheidewand einnehme, ohne dass indess hiebei an eine Mitwirkung der Schwere gedacht werden dürfe, zumal das Resultat im entgegengesetzten Sinne ausfällt. —

Wenn man, wie es bei den älteren Versuchen mit Dutrochets Endosmometer geschah, bloss die Umfangszunahme der einseitigen Flüssigkeit berücksichtigt, entziehen sich solche Vorgänge, bei denen quantitativ gleichwerthige Ströme nach beiden Richtungen gehen, gänzlich der Beobachtung, und war schwerlich ein andres allgemeines Resultat zu gewinnen, als dass die Wassermenge, welche sich unter sonst gleichen Umständen durch die Scheidewand bewegt, mit der Concentration der anderseitigen Lösungen wachse. Jolly hat zuerst die Volumen- durch Gewichtsmessungen ersetzt. Indem er die Diosmose so lang ungestört verlaufen liess, bis auf der einen Seite der Scheidewand nur noch reines Wasser sich befand, erhielt er Aufschluss über die Menge des letzteren, welche für ein bestimmtes Gewicht des diffundirenden Salzes übergetreten war, und nannte jene auf die Einheit dieses bezogen, das endosmotische Aequivalent des betreffenden Stoffes, z. B. bei der Diffusion durch Schweinsblase 4,22 für Kochsalz; 11,05 für Glaubersalz; 7,25 für Zucker; 4,13 für Alkohol. Bei Anwendung des Ochsenherzbeutel als Scheidewand sind die bezüglichen Werthe vermuthlich durchweg kleiner, für Kochsalz nach Eckhardt 3,2; nach meinen Versuchen für Zucker (von der Runkelrübe) 6,3; Traubenzucker 5,8; Milchzucker 5,2. —

§. 53. Die Einwände, welche gegen Jolly's diosmotische Aequivalenztheorie erhoben wurden, dienten nur dazu, den wie bei allen ersten Aufstellungen etwas allgemein gehaltenen Begriff zu präcisiren, die Anschauungen darüber zu klären, und das experimentelle Material zu ihrer Beurtheilung vielleicht auch theilweisen Modification zu mehren. Am bemerkenswerthesten darunter sind die Ausstellungen von Ludwig, welcher die Constanz des endosmotischen Aequivalentes insofern bestritt, als er eine weithin schwankende Abhängigkeit desselben von der Concentration der angewandten Lösungen erkannte. Allerdings erweckt eine in der Einleitung seiner Arbeit enthaltene Bemerkung den Zweifel, ob nicht die im Verlauf natürlich ganz im Sinne seines Angriffes auftretenden Resultate in ihrer Abweichung von einander durch ein anderes Moment, als die blosse Concentrationsdifferenz wenigstens theilweise veranlasst sein möchten. Wenn nämlich 16 Membranstücke 2½ Monate durch in andauerndem Gebrauch erhalten wurden, so ist bei aller auf ihre Integrität verwandter Sorgfalt kaum zu hoffen, dass dieselben in sämmtlichen Versuchen eine die Diffusion in gleichem Masse hemmende, beziehungsweise begünstigende Rolle gespielt haben. Indess

bei genauer Ueberlegung, welche von vorn herein aus theoretischen Gründen für die Ludwig'sche Aufstellung sich günstig gestaltet, kann man die Bedeutung der etwaigen Nebeneinflüsse nicht hoch genug veranschlagen, um die Inconstanz des diosmotischen Aequivalentes zu bezweifeln.

§. 54. Demungeachtet behält Jolly's Anschauung über das Wesen des Diffusionsprocesses eine dem wahren Sachverhalt jedenfalls sehr nahe kommende Bedeutung. Er stellt sich vor, dass eine Quellungsfähige Membran von zwei Flüssigkeiten, mit denen sie in Berührung steht, nach Massgabe der betreffenden Anziehungen und der Dichtigkeiten bestimmte Mengen absorbirt, welche nun beziehlich von der dies- und jenseitigen Substanz im Verhältniss der bestehenden und quantitativ ausübbaren Molekularattraktionen herüber und hinüber gezogen werden, bis der diosmotische Ausgleich vollendet ist. —

Brücke's Diffusionstheorie geht von der Erfahrung aus, dass in den Intermolekularräumen an den Wänden wässerige, central concentrirte Schichten der Flüssigkeiten angesammelt werden. Während nun aus letzteren beiderseits gleiche Quantitäten von Salz und Wasser befördert werden, strömt dieses in den peripherischen Partien einseitig zur Salzlösung hinüber, für welche demnach im Allgemeinen die Zufuhr den Abfluss überwiegen würde.

Die Anhänger der Clausius'schen Ansicht vom Durcheinanderschwärmen der flüssigen Moleküle brauchen mit Fick nur anzunehmen, dass die Wasseratome in der Regel eine grössere Geschwindigkeit haben, als die Partikeln einer gegenüberstehenden Salzlösung, um begreiflich zu finden, dass meistens in gleichen Zeiten ein stärkerer Wasser- gegen einen schwächeren Salzstrom diffundirt. — Die Unterscheidung dieses Forschers zwischen einer wahren Molekulardiffusion durch völlig homogene Membranen, wie Collodium, und der Diosmose durch poröse Substanzen, wie es die meisten organischen Gewebe sind, ist theoretisch ebenso ansprechend, als berechtigt, praktisch aber nicht in voller Schärfe aufrecht zu erhalten, denn einerseits ist selbst beim Collodium die Existenz mikroskopischer Risse in Folge fast unvermeidlicher localer Ungleichförmigkeiten der Eintrocknung um so eher glaublich, als diese Substanz die diosmotische Strömung in keineswegs der Dicke genau proportionalem Masse hemmt, anderseits aber kann hinsichtlich einer wesentlichen Modification des fraglichen Processes den gröberen Poren gegenüber nur untersucht werden, ob sie die Fortpflanzung des hydrostatischen Druckes gestatten, oder nicht; im ersten Falle haben wir überhaupt keine reine Diffusion mehr vor uns, im zweiten aber

sind sie für diese mit den ächten Molekularinterstitien durchaus gleichwerthig. —

§. 55. Die Diosmose innerhalb des Organismus weicht vom gewöhnlichen physikalischen Schema des Versuches wenn nicht überall doch bei den meisten Gelegenheiten durch einen Umstand ab, welcher nicht das Wesen der Processe, wohl aber ihren zeitlichen Verlauf alteriren kann. Wenigstens eine der beiden diffundirenden Flüssigkeiten, das Blut, ist in beständiger Bewegung, und die andre, vornehmlich der Nahrungssaft und die Zersetzungsflüssigkeit der Gewebe, wird am Ort der diffusiven Acte beständig frisch erzeugt. Es ist klar, dass hiemit die Gefahr einer Stagnation des Austausches wegen zu früh von ihm bewirkter Abstumpfung aller Unterschiede beseitigt ist, und dass in dieser Combination Raum verändernder und molekularer Bewegungen eine Hauptbedingung für den regelrechten Gang des Stoffwechsels liegt. —

Ich schliesse hier die Besprechung zweier besonderer Anwendungen der Diosmose an, einer natürlichen und einer künstlichen.

a. Das Bluten der Pflanzen.

§. 56. Die Pflanze durch ihre örtliche Befestigung und den Mangel willkürlicher Organe zur Ergreifung und Aufnahme der Nahrung weit mehr als das Thier auf den einfachen und sicheren Verlauf physikalischer, die Stoffe der Umgebung und des Inhaltes ergreifender Processe angewiesen, lässt auch diese sowohl objectiv leichter verfolgen als in ihrer physiologischen Dignität bestimmter feststellen, wobei die letztere nicht immer in geradem Verhältniss zur Augenfälligkeit einer Erscheinung steht. — Der aufsteigende Strom des Frühlingsaftes, dessen gelegentlicher oder absichtlich hervorgerufener Ausfluss als das Bluten der Pflanzen bezeichnet wurde, ist nach beiden Seiten hin der Beachtung werth, denn er erscheint ebenso interessant als rein physikalisches Bewegungsphänomen, wie als das namhafteste Zeichen des wiedererwachenden Lebens der Gewächse. — Von einer Erklärung des Phänomens war vor 1826 nicht ernsthaft die Rede. In diesem Jahr promulgirte Dutrochet die hydrodynamischen Folgen der Diffusion als das Princip jener pflanzlichen Bewegungen, verfiel aber hiebei in den Fehler, den Weg des Saftes, wenigstens des sogenannten rohen, in den Spiralröhren zu sehen, während durch die Einwirkung der atmosphärischen Gase, vielleicht auch des Pflanzenparenchymes veränderter Saft in den jüngeren Holzzellen herabsteigen sollte, um auf der ganzen Bahnstrecke mit dem ersteren vielfältig zu diffundiren. Schleiden erschütterte durch theo-

retische Bedenken einen Theil dieser Safttheorie, unterliess jedoch deren empirische Prüfung und Richtigstellung, so dass sie bis auf Brücke's klassische Arbeit von 1844 ohne ersichtliche Verbesserung blieb. In seiner physiologisch-physikalischen Untersuchung über das Bluten des Rebstockes, deren Resultate indess auch für alle anderen Pflanzen im Wesentlichen massgebend sind, wird die zeitliche Wassermasse jedes Gewächses als abhängig von drei schwankenden Grössen hingestellt: der Anziehung zwischen Gewebtheilen und Wasseratomen, der wirklich mit jenen zur Berührung kommenden Wassermenge, und dem Kräftecomplex, welcher dem Baume das Wasser entzieht oder vorenthält. Zum Bluten der Pflanze kann es nur kommen, wenn und solang ein Missverhältniss zwischen deren Hohlräumen und dem für sie bestimmten Wasserquantum besteht, oder falls ein Theil von jenen durch schwer vertreibbaren Luftgehalt dem Wasserzutritt sich versperrt, so dass dieses früher ausfliessen muss, als den normalen Einrichtungen entspricht. Jenes ist zugleich das einzige Hinderniss für die gleichmässige Verbreitung der Flüssigkeit, welche, auch wo sie sich nach Aussen ergiesst, keines besonderen Weges zum Emporsteigen bedarf, sondern jeder Zeit alle Pflanzenorgane in nur gradueller Verschiedenheit durchfeuchtet. — Beim Eintritt milderer Temperatur ist bereits im Baume nicht wenig, den ganzen Winter hindurch aufgespeichertes Wasser vorhanden, aber allerdings in sehr ungleicher Vertheilung. Anfangs sind nur diejenigen Zellen gefüllt, deren löslicher Inhalt auf das Wasser eine kräftige Molekularanziehung übt, während die festen Theile der übrigen bloss mehr oder weniger befeuchtet erscheinen; aber auch diese und später selbst die Spiralgefässe participiren am Ueberschuss der Flüssigkeit, nachdem sie der Anziehung der lösungsfähigen Substanzen vollkommen Genüge geleistet hat. So kommt schliesslich der ganze Baum in einen Zustand des Säftereichthums, welcher unter sonst günstigen Umständen das Phänomen des Blutens ermöglicht. Um dieses in seiner Entstehung zu belauschen, schnitt Brücke von einem Rebstock frühzeitig und dann täglich kleine Zweige ab; auf der Schnittfläche erschienen in der ersten Zeit zwar die Holzzellen von Flüssigkeit durchtränkt, die Spiralröhren aber stets leer und ausschliesslich luftführend; später sickern aus der mehr und mehr feucht sich anfühlenden Wunde Tröpfchen hervor, welche sich schliesslich zu einem Saftstrom vereinigen, dessen Fülle und Gewalt schon 1727 Stefan Hales durch höchst exacte Beobachtungen constatirte. Aus einem $^3/_4''$ dicken, 7'' über der Erde abgeschnittenen Stumpf eines Weinstockes erhielt er in aufgesetzten Glasröhren eine Steighöhe des Saftes bis zu 21', und in einem andren Fall vermochte derselbe eine Quecksilbersäule von 32,5'' zu heben. Aus diesen und vielen andren Versuchen ergab sich, dass die Wärme

und ein mässiger Grad atmosphärischer Feuchtigkeit das Steigen des Saftes begünstigt, welcher bei höheren Temperaturgraden mit viel Luftblasen untermischt ist, und dessen tägliche Schwankungsperiode an frischen Schnitten am stärksten auftritt. — Bezüglich der localen Modificationen der Druckwerthe des Saftes an verschiedenen Stellen desselben Baumes bemerkt Brücke in Berücksichtigung der mannigfaltigen Communicationen der inneren Hohlräume, dass irgendwo der Quecksilberstand von zwei Grössen abhängt, der allgemeinen Kraft des Saftes im ganzen Stock und seiner besonderen Kraft in einem beschränkten zum geprüften Querschnitt in näherer Beziehung stehenden Theile des Gewächses. — Was endlich die unmittelbare Ursache der Säftebewegung anlangt, so könnte diese, wenn sie in den Spiralröhren ihren Sitz haben soll, nur in der Capillarität gesucht werden, welche indess hier mit sehr geringem physikalischem Rechte in Anspruch genommen würde, weil überall die Durchmesser der Spiralgefässe vielfach grösser sind, als diejenigen der benachbarten Zellen, ja jene schon absolut zu weit sind, um ein irgend namhaftes capillares Ansteigen des Wassers in ihnen erwarten zu dürfen.

In andern Fällen, namentlich an hohen Bäumen mit dichtem Parenchyme wird man indess der Capillarität höheren Werth beilegen müssen. Sachs vergleicht die durch Tüpfellöcher zusammenhängenden Zellen und Gefässe des Holzes, welche abwechselnd Wasser und Luftblasen führen, den eingeschnürten und erweiterten Glasröhren Jamin's, der darin eine Capillarkraft vom doppelten Atmosphärendruck nachwies. Zweifellos ist wenn nicht der Erhebung doch jedenfalls der Haltung des gestiegenen Wassers jene Anordnung sehr günstig, denn die von Luftschichten unterbrochenen Tropfen werden bei ihrer Kleinheit durch die Adhäsion an den Wänden der Standorte vollkommen getragen und üben desshalb nirgends einen der Höhe proportionalen Druck aus, welcher die Flüssigkeit gegen die Wurzeln zurückdrängen oder an einer freien Schnittfläche nach Abwärts zum Aussickern bringen könnte. — Ausserdem darf für hochgelegene Hohlräume, bis zu denen man den Wurzeldruck nicht als wirksam annehmen will, die Capillarität noch in andrer Weise in Anspruch genommen werden. Aus den bis zur Sättigung imbibirten Zellwänden geht wohl allzeit je nach der allgemeinen und örtlichen Temperatur mehr oder weniger reichlich Wasserdunst in die benachbarten Hohlräume über, um daselbst früher oder später der tropfbaren Verdichtung zu verfallen. Dieser innerliche Thau adhärirt sofort an den seiner Entstehungsstelle nächsten Flächen und wird durch die Capillarität nicht vor den seiner Zeit unvermeidlichen, vom Vegetationsprocess selbst herbeigeführten mechanischen oder chemischen Veränderungen, wohl aber vor der unmittelbaren gravitirenden Senkung geschützt. — Die Luftblasen, welche das adhärirende Wasser unter-

brechen, sind in der Veränderlichkeit ihres Volumens den Temperatureinflüssen höchst zugänglich, drängen daher bei steigender Wärme die Flüssigkeit vor sich her und möglicher Weise in's Freie, lassen dagegen bei der Abkühlung einschrumpfend wegen der viel geringeren Zusammenziehung des nachdringenden Wassers hinter demselben leere Räume entstehen, welche erneute Einsaugung ermöglichen. Natürlich können auf diesem Wege durch locale Temperaturdifferenzen auch rein interne Saftbewegungen veranlasst werden, welche sich äusserlich durch nichts verrathen, als durch die Wandlungsphasen des stillen Vegetationsganges. —

§. 57. Wo diese Agentien als ungenügend sich erweisen, bleibt nichts übrig, als die fragliche Kraft in's Innere der Zellen sowie ihrer Wände zu verlegen und sie als eine Folge derselben Molekular-Anziehung zu betrachten, welche von Vornherein das Wasser an Ort und Stelle geschafft hat. Jede der hiebei wirksamen atomistischen Partialattraktionen ist von sehr geringem Werthe und noch kleinerem Thätigkeitskreise, aber durch die Verkettung aller einzelnen Acte wird als gemeinsames Resultat jener bedeutende Druck hervorgebracht, unter welchem das von den Zellräumen nicht mehr gefasste Wasser in und durch die Spiralgefässe gepresst wird. Die Luft, welche die letzteren vorher erfüllt hatte, zeigt ein doppeltes Verhalten; zum Theil wird sie von der Flüssigkeit, deren Lösungsbestandtheile den atmosphärischen Absorptionscoëfficienten des Wassers wenig ändern können, aufgenommen, zum Theil entweicht sie vor dem verhältnissmässig mächtigen hydrostatischen Druck durch das Pflanzenparenchym, welches im Allgemeinen keineswegs einen luftdichten Verschluss bildet, sondern die Gasdiffusion sehr wohl zulässt, ja sie vermuthlich als einen wichtigen Factor des Vegetationsprocesses in einem gewissen Grade fordert. — Indem wir so die Zellen in jeder Hinsicht als Ausgangspunkte der pflanzlichen Saftströmungen anerkennen, müssen wir für letztere eine sehr lebhafte und mit grossen vorräthigen Massen agirende Molekularthätigkeit der ersteren voraussetzen, denn cellulare Ergüsse in die Spiralgefässe, welche als allseitige Sammelreservoirs schliesslich nach Aussen bluten, sind erst möglich, wenn mehr Lösungsmaterial vorhanden ist, als die Zelle in wässerig gelöstem Zustand zu fassen vermag, und also der Ueberschuss im attractiven Fortbezug der Flüssigkeit gewissermassen eine Luxusconsumtion derselben veranlasst, welche eben im Säftestrom zu Tag tritt. —

§. 58. Trotz Brücke's gediegenen Forschungen und klaren Folgerungen kann man noch dunkle Punkte in der Lehre von den pflanzlichen Saftströmungen finden, wenn man auch gerade

nicht die ganze Erscheinung des Rebenblutens mit Hoffmann in Giessen als räthselhaft bezeichnen will. Derselbe sucht die einseitige Diffusion des Wassers gegen Gummi in fraglichem Interesse zu verwerthen. Allerdings ist die Thränenflüssigkeit der Rebe keine Gummi-, sondern eine Schleimlösung und zwar eine sehr verdünnte, doch ist im Allgemeinen die Aehnlichkeit der verglichenen Processe zuzugeben, als deren Eigenthümlichkeit erscheint, dass nicht wie bei der Diosmose von Salzlösungen ein molekulares und hydrostatisches Gleichgewicht auf beiden Seiten der Scheidewand angestrebt und unter gewöhnlichen Umständen auch erreicht wird, sondern dass die colloide Substanz für die ganze Dauer der Haltbarkeit der Membran im ausschliesslichen Vortheil einer positiven Zufuhr ist, was natürlich für die Vegetation von ganz anderer Bedeutung sein muss, als ein gleichmässiger diosmotischer Austausch. — Da der vornehmlich im Prosenchymgewebe vorschreitende Process durch die Gegenwart zahlreicher Zellwände immer viel complicirter ist, als der einfache physikalische Versuch, wurden zu diesem ebenfalls mehrere, wenigstens zwei Membranen herbeigezogen. Eine enge, mit einer porösen Haut verschlossene, mit Gummilösung gefüllte Röhre ist in eine weitere Wasser haltige gekittet, deren anderes Ende auch mit einer Membran überbunden wurde, um dann in ein noch umfangreicheres Wassergefäss versenkt zu werden. Bei Anwendung thierisch-membranöser Scheidewände stieg hier die Gummisolution in 3 Tagen um 13—15 Millimeter. Hoffmann vergleicht nun die zweite der oben erwähnten Membranen mit der Fläche der aufsaugenden Wurzelfasern, die erste aber der unteren Wand einer Prosenchymzelle; nur diese empfängt Flüssigkeit, jene dagegen geben Nichts nach Aussen, ja es würde, wenn dies nach dem Schema der gewöhnlichen Diosmose geschähe, die Continuität und Mächtigkeit des Saftstromes gar nicht möglich sein, für welchen eine, anderwärts freilich widersprochene, nach oben oder stromwärts zunehmende Dichtigkeit der vegetabilen Flüssigkeit vorausgesetzt werden muss. Die Ursache der letzteren Erscheinung wird wohl zum Theil in der Verdunstung liegen, zumal eine auch diese befördernde Temperatursteigerung der Atmosphäre oder des Bodens das Bluten der Pflanzen vermehrt, zum Theil aber in Anbetracht der gleichzeitig verschiedenartigen Stromrichtungen in der Intercellularthätigkeit des Vegetationsprocesses begründet sein. —

b. Dialyse.

§. 59. Da die verschiedene Diffusibiliät der Stoffe in einem gewissen Zusammenhang mit ihrer Molekularconstitution steht, von dieser aber viele anderweitige Eigenschaften abhängen, war es möglich, auf die Diffusion ein Trennungs- und Erkennungsverfahren von

Substanzen zu gründen, deren chemische Auffindung jedenfalls weit umständlicher wäre. — Graham, der Begründer der hiemit charakterisirten Dialyse geht von einer schon unter: IV. 1. A. b. bemerklich gemachten Unterscheidung der Krystalloide und Colloide aus. Jene welche unmittelbar aus Lösungen und Schmelzmassen, oder unter Wasseraufnahme in Krystallformen anschiessen, verbinden mit ihrer leichten und vollkommenen Vertheilung in Flüssigkeiten eine grosse Durchdringungsfähigkeit poröser Scheidewände, während diese, in der Regel von glasartiger Structur, in starrer Hydratform gallertig, bei reichlicherer Durchdringung mit Wasser schleimig nur wenig oder gar nicht in die Intermolekularräume fester Körper von bestimmter Grösse und Beschaffenheit eindringen. Dafür sind die Colloide selbst höchst zu- und durchgängige Medien für Flüssigkeitsdiffusionen und hiemit Vermittler stofflichen Austausches, deren Werth zumal im organischen Haushalt sehr hoch steht. Damit zusammenhängt ihre ausserordentliche Empfänglichkeit für äussere Eindrücke, denen gegenüber doch eine gewisse Selbstständigkeit gewahrt bleibt, eine grosse chemische Indifferenz oder Passivität in den gegebenen Falles überwiegend von den Krystalloiden angeregten Reaktionen und eine fast unbeschränkte Veränderlichkeit, welche jeden Augenblick zum Umsatz lebendiger und gespannter Kräfte bereit ist. Graham drückt dies so aus, dass er dem Colloide Energie zuschreibt. „Es lässt sich betrachten als die wahrscheinliche primitive Quelle der Kraft, als lebende Materie ohne Form. Auf die Allmäligkeit der colloidalen Veränderungen kann die chronische Natur und Periodicität der Lebenserscheinungen schliesslich bezogen werden.“ —

§. 60. Das auffallend verschiedentliche Verhalten der Krystalloide und Colloide empfiehlt nun Graham zu ihrer Trennung mittels Porendiffusion. Als Scheidewand dient eine thierische Membran, ein Häutchen gelatinöser Stärke oder das durch Einwirkung verdünnter Schwefelsäure auf gewöhnliches Papier hergestellte vegetabilische Pergament. Ein damit überbundener Guttaperchareif bildet ein halbtrommelartiges Gefäss, welches man mit der zur Dialyse bestimmten Lösung füllt und dann auf reinem Wasser schwimmen lässt. In letzteres gingen, als in jene Lösung Zucker und Gummi aufgenommen worden waren, binnen einem Tage drei Viertel des Zuckers und kaum eine Spur von Gummi über. —

Graham erklärt diese trennende Wirkung der colloidalen Scheidewand aus der Fähigkeit des krystalloidischen Zuckers aus der wasserhaltigen Membran oder durch ihre Poren hindurch Wasser aufzunehmen und so ein wirksames Diffusionsmedium herzustellen, während das colloidale Gummi ohne Wechselbeziehung zum Wasser der Schei-

dewand sich deren Poren zur diffusiven Entweichung nicht zu öffnen vermag. Absolut unmöglich ist indess die Porendiffusion dieses oder eines andren Colloides, wie vornehmlich des Eiweisses, keineswegs, sondern nur sehr langsam, also in so dünnen Strömungen erfolgend, dass deren Resultat erst nach längere Zeit hindurch völlig ungestörtem Verlauf merkbar wird, am wenigsten aber dann in die Augen springen kann, wenn eine Zurückdrängung der geringfügigen Molekularbewegungen der Colloide durch eine gleichzeitige viel ergiebigere Diffusion der Krystalloide geschieht. —

Für die Praxis am wichtigsten ist ohne Zweifel die dialytische Abscheidung krystallinischer Gifte von thierischen Flüssigkeiten, wie Blut, Milch, Magen- und Darmsaft. Unabhängig von deren Veränderungen, selbst von ihrer Menge, da ein hoher Grad von Verdünnung nichts schadet, liefert die differente Porendiffusion, welche Graham vielleicht etwas zu sehr theoretisirend als einen Effect der Dehydration des gelatinösen Septums unter katalytischen Einflüssen ansieht, nach längstens 24 Stunden die kleinste Spur des fast immer krystalloidischen Giftstoffes anderweitig im Zustande grosser Reinheit leicht nachweisbar in das von den animalen Colloiden gänzlich frei bleibende Wasser. —

2. Die Gase.

A. Die Molecularconstitution der Gase.

§. 61. Das höchst eigenthümliche Verhalten von Stoffen, deren Atome von einander wegstreben, während sie doch im Uebrigen den allgemeinen Gesetzen der materiellen Beziehungen streng unterworfen sind, hat früh und oft die Forschung auf sich gezogen, als deren Erfolge indess die längste Zeit hindurch nur Andeutungen und Vermuthungen zu Tag traten, während die entsprechende wirkliche physikalische Theorie dem Scharfsinn der gegenwärtigen Generation vorbehalten blieb. In der Reihe ihrer prophetischen Verkünder werden mit mehr oder weniger Recht Gassendi, Boyle, Parent, Herman, Prevost, Le Sage angeführt, und der Letztere leitet die älteste Spur einschlägiger Vorstellungen bis zum römischen Dichter Lucretius (99—56 a. C.) zurück, welcher in seinem berühmten Werke: de rerum natura mit vielen höchst vernünftigen Vorstellungen der schwachen naturwissenschaftlichen Erkenntniss seiner Zeit weit voraneilte, hier indess nicht näher in Betracht kommen kann. Ueberhaupt finden wir die erste ächt wissenschaftliche Ansicht über die Constitution der Gase in Daniel Bernoulli's Hydrodynamik 1738 entwickelt. Am interessantesten in Bezug auf die moderne Gastheorie in ihrem Zusammenhang mit der mechanischen Wärmelehre ist die

Bemerkung, dass bei der Compression der Wanddruck der elastischen Flüssigkeiten sich aus zwei Gründen vermehre, weil danach in der Raum-Einheit mehr Theilchen vorhanden seien und zudem diese in gleicher Zeit öfter zum Stosse gelangten, welch letzter um so häufiger eintreten muss, je kleiner die Mittelabstände der Theilchen sind, dass ferner eine Elasticitätsvermehrung der Gase durch Wärmezufuhr bei constantem Volumen eine intensivere Bewegung der Moleküle involvire. —

In neuerer Zeit haben Herapath und Joule, vornehmlich aber Clausius und Krönig die Moleculartheorie der Gase gefördert. —

§. 62. Nach Letzterem (Poggendorff Annalen der Physik, 99. Bd.) bestehen die Gase aus Atomen, welche sich wie feste vollkommen elastische mit gewissen Geschwindigkeiten innerhalb eines leeren Raumes bewegte feste Kugeln verhalten. Die Bewegung der Gasatome besteht nicht in Schwingungen um eine Gleichgewichtlage, sondern in geradliniger Fortschreitung mit constanter Geschwindigkeit, welche nur durch den Zusammenstoss mit gleichartigen, oder flüssigen und festen, widerstehenden Massen eine Abänderung erleidet. Durch den Anprall der Atome gegen ganz oder theilweise einschliessende Wände wird der Gasdruck auf diese hervorgebracht, welcher sich nach allen Seiten gleich für die Flächeneinheit und umgekehrt dem Volumen proportional herausstellt. Ist der von verschiedenen Gasen unter Gleichheit der übrigen Bedingungen, namentlich der Temperatur ausgeübte Druck identisch, so sind von jedem im nämlichen Raume gleich viel Atome enthalten, und ist demnach die Masse eines der letzteren der Dichte des Gases proportional. Das Product dieser Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit, oder die lebendige Kraft der Atome ist gleichbedeutend mit der vom absoluten Nullpunkt (— 273 ° C.) gezählten Temperatur des Gases, dessen Spannkraft eben für jene wahre Minimalwärme auf Null zurückgeführt wäre. Das erwähnte Temperaturmass der Gase harmonirt mit der Erfahrung, dass die Diffusionsgeschwindigkeit der Quadratwurzel der specifischen Gewichte der Gase umgekehrt proportional sei. In der That ergibt sich, wenn etwa m_w, c_w, m_s, c_s beziehlich Massen und Geschwindigkeiten der Wasserstoff- und Sauerstoff-Atome bedeuten, und $m_s = 16 m_w$ ist: $m_w c_w^2 = 16 m_w c_s^2$ also $c_w = 4 c_s$. Weiter folgt aus der Gleichstellung von Temperatur und lebendiger Kraft, dass bei gleichem Druck und gleicher Temperatur gleiche Volumina aller Gase dieselben Wärmemengen enthalten, dass mithin auch sämmliche Gase bei Beziehung auf den nämlichen Raumumfang gleiche und constante specifische Wärme besitzen. —

§. 63. In diesen, hier nur auszugsweise mitgetheilten Grundzügen einer Gastheorie gesteht Clausius, welcher im Interesse der mechanischen Wärmelehre am meisten berufen war, ein Wort in dieser Sache mitzusprechen, einen Theil seiner eigenen Ansichten wieder zu finden, hält es aber mit Recht für höchst wahrscheinlich, dass mit der fortschreitenden Bewegung der Moleküle eine rotirende verbunden sei, welche die gleichzeitige Folge jedes nicht vollkommen geraden und centralen Stosses ist, sowie dass innerhalb einer molekularen Atomgruppe unbeschadet der Gesammtbewegung Vibrationen der kleinsten Urtheilchen möglich wären. Er weist zur Begründung dieser von vorn herein und zu Gunsten aller einschlägigen physikalischen Erfahrungen höchst ansprechenden Ergänzung obiger Hypothese, welche noch schärfer dahin präcisirt wird, dass zwischen allen für einen gegebenen Fall in einem bestimmten Gas vorhandenen Bewegungen ein constantes Verhältniss bestehe, nach, dass die lebendige Kraft der fortschreitenden Bewegung zu gering ist, um die ganze Wärme im Gas darzustellen. — Die Folgen der molekularen Bewegungen gestalten sich nun viel reichhaltiger, denn einmal werden die verschiedenen Arten einander gegenseitig erzeugen, indem an sich ruhende Moleküle mit Atomschwingungen durch diese in ihren Abständen modificirt werden müssen, umgekehrt aber fortschreitende Moleküle bei jedem Stoss oscillatorisch erschüttert werden, und weiters sind die Consequenzen dieser Stösse auch von den inneren Bewegungszuständen der molekularen Gruppen abhängig. — Eine nähere Untersuchung dieser Erscheinungen und ihrer Ausdehnung auf andre Aggregatzustände erscheint hier unnöthig, nur hinsichtlich der Verdampfung sei noch bemerkt, dass an freien Oberflächen die fortschreitenden, drehenden und schwingenden Bewegungen der flüssigen Moleküle oft genug so günstig combinirt werden mögen, um ein Hinaustreten der eben hiemit „verdampfenden“ Atome aus den Anziehungsrayons der gleichartigen Massentheilchen zu bewirken. Selbst von festen Körpern kann nach diesem Modus ein Theil der oberflächlichen Atome losgerissen werden, um ohne das Mittelglied der Verflüssigung in Dunst überzugehen. Uebrigens ist nicht undenkbar, dass unterhalb einer bestimmten Temperaturgrenze die Moleküle eines Körpers fest genug zusammenhängen, um den auf ihre Lockerung oder Trennung hinstrebenden Molekularbewegungen zu widerstehen. — Betreffs der mit diesen und andren Aenderungen des Aggregatzustandes oder auch nur des Volums zusammenhängenden Temperaturmodificationen sind vornehmlich deren Beziehungen zur inneren Arbeit wichtig. Jede Lagenänderung der Moleküle kann in einem ihrer ursprünglichen Bewegungsrichtung gleichartigen oder widersprechenden Sinne geschehen; im ersten Fall steigt die Wärme, weil solche aus der durch

den Geschwindigkeitszuwachs vermehrten lebendigen Kraft gebildet wird, im zweiten sinkt sie im Verhältniss des verzögerten Bewegungswerthes. Damit verbindet sich als äussere Arbeit die Verschiebung eines gewissen Widerstandes durch eine bestimmte Strecke. — Eine höchst bemerkenswerthe Bereicherung erfährt endlich die Molekulartheorie der Gase durch die Annahme von Clausius, dass die polaren Eigenschaften der Atome, welche ihre chemischen Beziehungen bis zum Eintritt wirklicher Verbindungen bedingen, nicht die Gegenüberstellung heterogener Stoffe voraussetzen, sondern schon in den Elementen vorhanden sind, diese also in der Regel aus mehratomigen Molekülen bestehen. —

Nachdem der Einwand, dass unter obigen Annahmen die Diffusion verschiedener Gase mit der Möglichkeit ihres Eintrittes auch sogleich vollendet sein müsste, von Clausius durch die Erklärung entkräftet war, es liege keineswegs im Wesen jener Hypothese, eine die Langsamkeit der Strömung im geraden Verhältniss bestimmende grosse Häufigkeit der Molekularzusammenstösse zu läugnen, betonte Jochmann unter Andern die Schwierigkeit, innerhalb der fraglichen Theorie translatorische und thermische Bewegungen auseinanderzuhalten, ferner die von der Erfahrung nicht bestätigte in kürzester Zeit zu erwartende Ausgleichung örtlicher Wärmeunterschiede in einer Gasmasse, endlich die Unvereinbarkeit der bisherigen Ansicht über die Schallfortpflanzung mit der neuen Hypothese. — Clausius führt diese Ausstellungen auf den Werth allgemeiner analogisirender Betrachtungen an Stelle strenger Beweise zurück, würdigt indess zuvörderst im Interesse einer factischen Widerlegung auch anderwärts gemachter Angriffe nur die Wärmeleitung der Gase einer genaueren Untersuchung, als deren Resultat auf Grund der Annahme, dass die einzelnen von den Molekülen zurückgelegten Wege ausserordentlich kurz sind, erscheint, dass die Wärmeleitung der Gase sehr schlecht ist, mit der Temperatur im gleichen Verhältniss wächst, wie die Schallgeschwindigkeit, vom Druck, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, nicht abhängt, in leichteren Gasen aber grösser ist, als in schweren. —

So weit schien mir eine Berücksichtigung dieser Lehren trotz ihres vorerst überwiegend theoretischen Characters nothwendig wegen ihres Zusammenhanges mit den auch der medicinischen Physik höchst wichtigen Fragen der Gasströmungen und der mechanischen Aequivalenz der Wärme, sowie auch wegen des allgemeinen Interesses, welches vornehmlich die Naturlehre der Organismen an der Erforschung der Molekularconstitution der Stoffe, als der Grundanlage ihrer elementaren Kräfte haben muss.

B. Absorption und Diffusion der Gase.

a. Allgemeine Theorie.

§. 64. Gasatome, welche in die Wirkungssphären fester oder flüssiger Moleküle gerathen, können in Folge der hier herrschenden Anziehung eine zeitweise oder andauernde Aufhebung ihrer fortschreitenden Bewegung erfahren, während die oscillatorische wohl in der Regel eine Modification aber kaum je eine gänzliche Umsetzung in Spannkraft erleidet. Natürlich geht weder im letzteren, selbst extremsten Falle, noch bei Vernichtung der translatorischen Geschwindigkeit der Gasatome etwas von ihrer wahren Leistungsfähigkeit verloren, denn selbst derjenige Antheil derselben, welchen man hier wie bei ähnlichen Gelegenheiten als latent geworden bezeichnen könnte, spielt in den stillen aber folgenreichen atomistischen Wechselwirkungen eine bedeutende Rolle.

§. 65. Die bei der qualitativen Unverändertheit der betheiligten Stoffe als eine Art von Lösung erscheinende Aufnahme von Gasen durch feste und flüssige Körper ist im Wesentlichen durchaus ein Molekularphänomen, hängt aber auch nach der Intensität der Erscheinung von den äusseren Bedingungen ab, unter denen sich die Substanzen befinden, namentlich vom Druck im geraden, von der Temperatur im verkehrten Verhältniss. Wird indess in letzterer Hinsicht beachtet, dass bei gleichbleibender Wärme und innerhalb der für gewöhnlich eingehaltenen Pressungsgrenzen Druck und Dichte des Gases einander stets proportional sind, so bleibt das Absorptionsvolum des letzteren für dieselbe Flüssigkeit und unter der angegebenen Beschränkung immer konstant.

§. 66. Die Gasabsorption der festen und flüssigen Körper äussert sich sowohl oberflächlich, indem besonders dichte Substanzen, wie Metall, auch Glas mit fest anhängenden schwer entfernbaren Gashüllen sich umgeben, welche bei passender Gelegenheit zu den interessantesten partiellen Verdichtungen (Hauchbilder) oder Verbindungen (Katalyse) Anlass geben, als natürlich in erhöhtem Masse in den Hohlräumen sehr poröser, vornehmlich organischer Stoffe. So absorbirt ein Raumtheil gut und frisch ausgeglühter Buchsbaumkohle 90 Raumtheile Ammoniak; 55 Schwefelwasserstoff; 35 Kohlensäure; 9,3 Sauerstoff; 7,5 Stickstoff; bei 12° C. und 760 mm. — Ein Raumtheil Wasser nimmt von denselben ebenso angeordneten Gasen bei 0° Temperatur und 760 mm. Barometerstand beziehlich die Raumtheile 1049; 4,3; 1,6; 0,0411; 0,0203 auf. Für eine beliebige Tem-

peratur t schreibt Bunsen den zwei letzten der obigen Gase folgende Absorptionscoëfficienten im Wasser zu:

$$0{,}04115 - 0{,}000109t + 0{,}0000225 6t^2; \quad 0{,}020346 - 0{,}00053887t + 0{,}000011156t^2.$$

§. 67. Ihrem Wassergehalt danken die organischen Flüssigkeiten hauptsächlich das Absorptionsvermögen für Gase; im Blute aber wird ein solches in doppelter Weise entfaltet, indem die der Norm nach fast ausschliesslich dem atmosphärischen Sauerstoff zugewendete Absorption des Serum durch die Gas bindende oder verdichtende Kraft der Blutkörperchen unterstützt wird. —

§ 68. Es ist hiebei theoretisch wie praktisch von Wichtigkeit, dass der Sauerstoff unbeschadet seiner chemischen Einfachheit in molekular-mechanischer Hinsicht von complexer Natur erscheint. Nach Allem, was darüber bekannt geworden ist, hat zur Erklärung der einschlägigen Erscheinungen die zuerst von Clausius ausführlich und consequent entwickelte Hypothese des atomistischen Verhaltens gewöhnlichen Sauerstoffes und seiner Modificationen das Beste beigetragen. Jedes Sauerstoffmolekül besteht nach ihm aus zwei Atomen, welche durch bestimmte Einflüsse, z B. elektrischer Art getrennt werden können und dann isolirt mit neuen Beziehungen zu andren Stoffen als Ozon sich geltend machen. Höchst wahrscheinlich findet der elektrische Gegensatz, welcher zwischen verschiedenartigen zu chemischer Verbindung fähigen Elementen besteht, auch unter den Atomen eines elementaren Moleküles statt; es kann aber sein, dass diese im geschiedenen Zustand ihre Elektricität verlieren, und deshalb länger frei bleiben, als wenn die ungleichnamige Ladung sie zur Wiedervereinigung drängte. Nachdem indess für Schoenbein der merkwürdige Unterschied im bald oxydirenden bald desoxydirenden Verhalten des activen Sauerstoffes zur Aufstellung zweier Allotropien: Ozon und Antozon Anlass gab, scheint Clausius von dem Electricitätsverlust der freien Atome abgesehen zu haben, um vielmehr auf ihre entgegengesetzte electrische Ladung die Differenz jener molekularen Modificationen desselben Elementes zurückzuführen. Die activen Atome des Ozones nämlich zeigen für die ganze Dauer des Zustandes eine elektronegative Beschaffenheit, diejenigen des Antozones vermuthlich ebenso standhaft eine elektropositive. Diese für das Wesen der ursprünglichen Theorie ganz unverfängliche Berichtigung einer älteren, dem damals bekannten kleineren Kreise von Erfahrungen angepassten Ansicht stimmt gut mit der, auch physiologisch verstärkten, Energie des activen Sauerstoffes zusammen, von welcher man zu Gunsten einer regeren Gasdiffusion und einer folgenreicheren Absorption des diffundirten Ozones durch das Lungenblut

um so häufiger Gebrauch machen sollte, als, wie ich bei täglichen Versuchen finde, eine Holtz'sche Influenz- oder Elektro-Maschine bei einem Halbmesser der festen Scheibe von 30 cm. eine im nächsten atmosphärischen Umkreis durch den charakteristischen Geruch sehr merkbare Ozonisirung schon nach schwacher Erregung und wenigen Drehungen gibt. —

§. 69. Für das mechanische Verhalten der Gase unter sich pflegt man eine vollkommene gegenseitige Indifferenz vorauszusetzen, welche in absolutem Sinne schwerlich besteht, relativ jedoch in hinlänglich hohem Grade, um durch jene Annahme die Betrachtung der anderweitigen Vorgänge erleichtern zu dürfen. Wenn demnach Richtung und Geschwindigkeit eines strömenden Gases zu beurtheilen ist, kommt bloss der Druck oder die Spannung des allenfalls in der Nachbarschaft befindlichen gleichartigen Gases in Betracht, während die Gegenwart jedes andren gleichgiltig erscheint. Da sich in dieser Hinsicht durch die Einschiebung einer porösen Scheidewand Nichts oder doch nur wenig ändert, wird die Diffusion der Gase als ein nach allgemein mechanischen Principien gegenüber dem von vielen Nebeneinflüssen abhängigen diosmotischen Austausch tropfbarer Flüssigkeiten namhaft vereinfacht. Die betreffenden Bewegungen der Gastheilchen werden durch ihre eigene Spannkraft veranlasst und unterhalten, oder mit andren Worten durch die Abstossung, welche zwischen den Molekülen von ihren thermischen Aetherhüllen aus in beständiger Wirksamkeit erhalten wird. Dass dagegen selbst der Einfluss der Schwere innerhalb gewisser Grenzen verschwindet, beweist nicht nur die Atmosphäre, in welcher Sauerstoff und Stickstoff mit dem ungefähren Verhältniss der ungleichen specifischen Gewichte von 110 : 97 überall in der so gut wie völlig constanten Mischungsrelation von 21 : 79 vorkommen, sondern auch der Versuch Daltons, bei dem Kohlensäure und atmosphärische Luft von ihren gleichgrossen Behältern aus durch eine Verbindungsröhre sich so gründlich vermengten, dass schliesslich jedes der ungleich schweren Gase den doppelten Raum einnahm, also auf die Hälfte der ursprünglichen Dichte ebenso herabgekommen war, als wenn ihm die Ausdehnung bei Abwesenheit jeglichen andren Stoffes gestattet gewesen wäre.

§. 70. Seit diesem Fundamentalexperiment, dessen Resultat im Wesentlichen von einer durchgängigen Scheidewand nicht alterirt wird, förderten vornehmlich zwei Untersuchungen die specielle Lehre von der Porendiffusion der Gase. Graham entnahm seinen Beobachtungen, welche für die deutsche Literatur zuerst 1829 in den Annalen der Physik erschienen, die Folgerung, dass die gegenseitige Unabhängigkeit der Gasströmungen von der Scheidewand gar

nicht beeinträchtigt werde, durch deren Poren vielmehr der Austausch im verkehrten Verhältniss der Gasmengen zu den Quadratwurzeln der Dichtigkeiten erfolge, mithin die Geschwindigkeiten der Diffusion wie des gewöhnlichen Ausflusses identisch seien.

§. 71. Erst 1857 wurde die volle Richtigkeit der bis dahin allgemein anerkannten Sätze durch die genauen Arbeiten Bunsen's erschüttert. Er zeigte, dass die Poren einer Zwischenwand von irgend merklicher Dicke die Strömung jedes Gases mehr verzögern, als wenn dasselbe durch eine zwar feine aber scharf begrenzte und kurz gebohrte Oeffnung einer dünnen Platte gepresst wird, in welch' letztrem Fall das Graham'sche Gesetz allerdings vollkommen giltig erscheint. Dort aber bemerkt man, dass die Geschwindigkeit der diaphragmatischen Gasströmung von zwei Umständen abhängt, nicht allein nämlich vom beiderseitigen Druckunterschied der Gase, sondern auch von einem Reibungscoefficienten, dessen für jeden Fall nur empirisch auffindbare Grösse von der Beschaffenheit sowohl der Scheidewand, als des Gases bestimmt wird, von dessen unvermeidlicher Mitwirkung man sich schon dadurch eine Vorstellung erwirbt, dass man am Recipienten einer Luftpumpe eine offene Capillarröhre anbringt, durch welche während des Auspumpens in den entleerten Raum die Luft so träg und langsam einströmt, dass die Folgen der Verdünnung längere Zeit nicht von ihr beeinträchtigt werden.

Obwohl durch diese neueren Erfahrungen die ältere Ansicht über die Diffusion wesentlich berichtigt wurde, dienten doch auch jene zur Bestätigung dafür, dass die ganze Erscheinung durchaus in den allgemeinen mechanischen Eigenschaften der Gase begründet ist, und nicht wie die Diosmose der tropfbaren Flüssigkeiten mit der Molekularanziehung heterogener Substanzen oder den Schwingungen der Scheidewand etwas zu schaffen hat. —

§. 72. Der organische und atmosphärile Gaswechsel, welcher von den Hautflächen vermittelt wird, erleidet von der porösen Kleidung abgesehen von der capillaren Reibung um so grössere Modificationen, je länger und reichlicher die Gewebe fremde Gase absorbiren konnten. In welch hohem Masse sie dies thun, zeigt schon ihr hartnäckiger Geruch nach den Ausdünstungen ihrer Träger; physikalisch aber ist constatirt, dass Wolle 100, Leinwand 72, Seide 36, Baumwolle 15 prc. von gasförmigem Ammoniak aufnehmen können.

b. Die Gase des Blutes.

§. 73. Die Diffusionsvorgänge sind in ihrem einfachen durch elementare Eigenschaften gesicherten Verlauf für den organischen

Haushalt von ausgezeichneter Wichtigkeit, indem der Gasaustausch in den Athmungswerkzeugen ohne die vollkommen selbständige Verbreitung jedes Gases und die hiemit ermöglichte Mischung oder vielmehr ungehinderte Durcheinanderströmung ganz undenkbar wäre.

Zu den Schwierigkeiten enger vielverzweigter Räume und einer der gröberen mechanischen Betrachtung höchst ungünstig erscheinenden Anordnung der betheiligten Gase kommt freilich hier noch, dass diese durch allerdings zarte Scheidewände getrennt sind, auf deren einen Seite eine Flüssigkeit den Process durch Absorptionsvorgänge complicirt. Da indess die auswärts diffundirende Kohlensäure ausschliesslich von dem im Blute frei verbreiteten Antheil zu stammen scheint, und dieser unter den gegebenen Verhältnissen so leicht entweicht, dass kaum eine Ausnahme von einem gewöhnlichen Diffusionsact vorliegt, der eintretende Sauerstoff aber durch die attraktiven Eigenschaften der Blutkörperchen sofort in ein rein physiologisches Verhältniss verwickelt wird, so erscheinen in physikalischem Sinne als die einflussreichsten Momente des Lungengasaustausches die Fläche, auf welcher, und die Zeit, während deren die Berührung der heterogenen Substanzen möglich ist.

§. 74. Nachdem das Fundament der Kenntnisse über diesen Gegenstand von Magnus gelegt worden war, untersuchte 1856 Lothar Meyer, ob und in wie weit die Aufnahme und Ausgabe der Blutgase: Sauerstoff, Kohlensäure, Stickstoff dem Henry-Dalton'schen Absorptionsgesetz folgt. Bei Anwendung defibrinirten Blutes, aus welchem durch Kochen in verdünnter Luft die freien Gase vertrieben worden waren, ergab sich, dass die aufgenommene Menge der drei erwähnten Gase dem zu- und abnehmenden Druck jedes einzelnen proportional ist. Für den Stickstoff gilt dies ganz streng, so dass zwischen ihm und dem Blute ein reiner Absorptionsprocess abläuft, von dem Sauerstoff und der Kohlensäure dagegen scheint ein Theil durch molekular-mechanische Anziehung von Seite der festen Blutbestandtheile eingeholt und gebunden zu werden, welche von der Gegenwart andrer Gase wenig oder keinen Einfluss erleidet, woraus sich ebensowohl die Erfahrung von Regnault und Reiset erklärt, dass grosser Reichthum der Atmosphäre an Sauerstoff den organischen Umsatz nicht namhaft fördert, wie die Möglichkeit in verschiedentlichen Gasgemischen, falls ihnen nur überhaupt ein gewisses minimum von Oxygen nicht gänzlich fehlt, wenigstens einige Zeit ohne nachhaltige Störung von Gesundheit und Leben auszuhalten. — Die Verbindung der wirksamen Blutbestandtheile mit dem bestimmten Quantum des eingetretenen Sauerstoffs geschieht vermuthlich in atomistischem Verhältniss, ist indess nur locker, und von einem gewissen Druckwerth vorräthigen freien Sauerstoffes so abhängig, dass in der

Luftleere der ganze Sauerstoffgehalt vom Blute abgegeben wird, so lang dessen alkalische Reaction nicht in eine saure überging. — Von der Kohlensäure nimmt unter den experimentellen Bedingungen das Blut weit mehr an, als es in der Norm bei seinem Kreislauf durch den Körper auf der arteriellen wie venösen Abtheilung zu führen pflegt. Den Austausch dieses Gases zwischen Blut und Lungenluft qualificirt Meyer als ein ächtes Absorptionsphänomen.

§. 75. Auf eine höhere Stufe wurden diese Forschungen von C. Ludwig gebracht, indem er die Gewinnung der Gase aus dem frischen Blute nach dem Princip der Luftleere durch Ausfluss ausführte, mittels dessen Toricelli's vacuum zur Quecksilberluftpumpe erweitert wurde.

Fig. 1.

Die Röhre a b d (Fig. 1 nach einer Zeichnung in Ludwigs: Physiologie 1861) trägt bei a und d einen Kautschoukverschluss, über dem letzteren einen getheilten Glascylinder e und steht bei c mit dem Blutbehälter in Verbindung; das fast 1 m. lange Ansatzstück b f taucht mit der unteren freien Mündung in Quecksilber, kann aber unter dem Spiegel des letzteren mittels einer Klemme abgesperrt werden. Das Blutgefäss wird aus der Ader eines Thieres unter Quecksilber, also bei völligem Luftabschluss gefüllt, verschlossen und an c befestigt. Dann werden unter Verschluss von f alle Hohlräume mit Quecksilber gefüllt, welches danach bei f ausfliessend unter Verschluss der andren Oeffnungen eine vollkommene Luftleere hinter sich lässt, in die, nachdem f wieder geschlossen und c geöffnet ist, aus dem im Wasserbad auf 40—50° C. erwärmten Blute die Gase sofort aufsteigen, und durch Nachguss von Quecksilber bei a in den Messungsraum e gepresst werden.

Mit diesem Apparat erhält man sehr viel mehr Gase aus dem

Blute, als dies bisher möglich gewesen war; insbesondere ergab sich für die Kohlensäure die unvermuthete Thatsache, dass auf 10 Theile freie erst ein Theil gebundene kommt; doch darf man sich jenen Antheil nicht als völlig einfach absorbirt und suspendirt vorstellen, denn einerseits reagirt auch nach vollkommener Sättigung mit Kohlensäure die Blutflüssigkeit noch alkalisch, anderseits gibt sie auf Säurezusatz auch in einer Kohlensäure haltigen Atmosphäre mindestens die Hälfte ihrer Kohlensäure ab. Vermuthlich steht diese in lockerer Verbindung mit dem phosphorsauren Natron der Blutkörperchen. — Ludwig findet mit Recht bemerkenswerth, dass 100 Volumtheile Blut höchstens 84 Theile Wasser enthalten, und doch ebensoviel Kohlensäure absorbiren, wie 100 Theile Wasser, wonach die Eiweisskörper entweder den Absorptionscoefficienten des Wassers erhöhen, oder sich selbst gleich diesem verhalten. — Für einen lebhaften Sauerstoffaustausch erscheint in erster Linie die Gegenwart der Blutkörperchen von so hoher Wichtigkeit, dass mit ihrer Verminderung in den krankhaften Zuständen der Leukämie und Bleichsucht oder nach einem ergiebigen Aderlass jener eine verhältnissmässige Beschränkung erleidet, welche jedenfalls einerseits unter den pathologischen Consequenzen, anderseits in der therapeutischen Nachwirkung in namhaftem Grade mitspielt. Dabei ist jedoch nicht zu übersehen, dass die physiologische Vermittlung zwischen den Blutkörperchen und den Umsatzproducten der Gewebe oder den atmosphärischen Elementen der Blutflüssigkeit zufällt, deren quantitative und qualitative Veränderung daher für die Intensität und insbesondere für die Geschwindigkeit und gleichzeitige räumliche Bethätigung der Gasvertheilung im Körper nicht ohne Einfluss sein kann. — Endlich wird noch von Ludwig denjenigen Blutsalzen, welche wie das einfach kohlensaure und das zweibasisch phosphorsaure Natron zur weiteren Bindung von Kohlensäure befähigt sind, die seltene doch unter Umständen höchst heilsame Aufgabe zugetheilt, die Gewebe von etwa plötzlich im Uebermass entbundener freier und deshalb chemisch aggressiver Kohlensäure zu entlasten. —

c. Der Gaswechsel der Pflanzen.

§. 76. Der Vegetationsprocess ist auf zahlreiche und wichtige molekulare Acte angewiesen. Wenn irgendwo der materielle und mechanische Charakter der Licht-Erscheinungen klar wird, so geschieht es bei Erwägung ihres Einflusses auf das Pflanzenleben. Ein wesentlicher Theil der dasselbe darstellenden Stoffumbildung ist nur unter unmittelbarer Mitwirkung der Aetherschwingungen möglich, welche an der Verdichtung gasförmiger Nahrungsstoffe zum zarten Gewebe der Blumenblätter, wie des festen Holzgefüges arbeiten.

§. 77. In dem vorwiegend auf dem Wege der Porendiffusion bewerkstelligten Verkehr zwischen dem Innern der Pflanze und der Atmosphäre handelt es sich in erster Linie um dieselben Gase, wie beim Respirationsprocess der thierischen Organismen, zum Theil jedoch in umgekehrter Ordnung, denn in den mit Blattgrün ausgestatteten Zellen wird der Kohlenstoff der eingetretenen atmosphärilen Kohlensäure als nothwendige Pflanzennahrung zurückbehalten, der Sauerstoff wieder ausgehaucht. Gerade dieser ebensosehr für die Ernährung der Gewächse, als für den durch dies allerdings oft überschätzte Corrrectiv der Sauerstoffverarmung enthobenen Luftkreis höchst wichtige Act ist an die Mitwirkung des Tages oder Sonnenlichtes gebunden und schlägt Nachts in sein Gegentheil um. Die des Chlorophylls entbehrenden Zellen verwenden den von Aussen absorbirten Sauerstoff stets zur Oxydation ihrer eigenen Bestandtheile, vornehmlich zur Bildung von Kohlensäure, welche zum Theil einen innerlichen Verbrauch zu finden scheint, zum Theil in die Atmosphäre diffundirt. Der Stickstoff ist in beiden Richtungen der diffusen Ströme anzutreffen, wird aber wohl theilweise im Interesse der Pflanzenernährung zurückbleiben.

§. 78. Ist auch an der letzten Schwelle, wo es sich um wirkliche Ueberführung der Gase in den vegetativen Wirkungskreis handelt, eine ächte Diffusion unvermeidlich, so bieten die zahlreichen, durch Aufsaugung oder Vertrocknung der Gewebbestandtheile hergestellten Hohlräume jeder Pflanze den atmosphärilen Gasen wie den zum Austritt bestimmten Verbreitungswege und Berührungspunkte genug, um in der Regel die diffusiven Vorgänge vor den Complicationen zu bewahren, welche eintreten müssten, wenn bloss die oberflächlichen Zellen eine primäre Wechselwirkung mit den freien Gasen zu unterhalten vermöchten, welche die tieferen Lagen des Parenchyms erst aus zweiter Hand, voraussichtlich modificirt durch die cellularen Processe empfingen. — Die Spalten, welche zu den Luftleitungsröhren der Pflanzen führen, sind nach H. von Mohl der Erweiterung wie Verengerung fähig, und hat auf diese, den Druck der zur Diffusion bestimmten Gase alterirenden, Phänomene vornehmlich die Intensität der Beleuchtung und die Feuchtigkeit der umgebenden Luft grossen Einfluss. Im Allgemeinen wird von gut beleuchteten Spaltöffnungen trockner Flächen der pflanzliche Gasaustausch befördert, während Finsterniss und Nässe ihn erschwert (Sachs). Uebrigens darf man sich die Regulirung der pflanzlich internen Aeromechanik durch die Variation der äusseren Pressung nicht zu bedeutend vorstellen, denn die Intercellularräume sind überall so eng, unregelmässig begrenzt und vielfach verzweigt, dass die Gase darin eine beträchtliche Reibung erfahren, und deshalb die Ausgleichung mechanischer

wie chemischer Differenzen mit der freien Umgebung sehr langsam vor sich geht. Anderseits darf indess auch wohl zu keiner Zeit einer lebenskräftigen Vegetation vollständige Stagnation der Binnengase angenommen werden, denn die dagegen agirende Tendenz der diffusiven Zellenwandströme wird unterstützt durch die selten und nur vorübergehend äquivalenten Gegeneinanderwirkungen der Wurzeleinsaugung und der Blattverdunstung, durch Schwankungen und Biegungen aller Theile vom Stamme bis zum feinsten Zweig, was dort und hier periodische Veränderungen der internen Volumina hervorbringt, ferner durch die zu partiellen Auflockerungen und Verdichtungen, also eben so vielen Bewegungsanlässen der Gase führenden, örtlichen Temperaturunterschiede, endlich durch die verhältnissmässig wenigst einflussvollen Schwankungen des Luftdrucks.

§. 79. Die Thatsache des Gasaustausches und hiebei insbesondere die Aufnahme von Sauerstoff ist eine Lebensbedingung der Pflanze, denn ohne dieses Gas stehen nach Saussure bald alle Vorgänge still, welche für das Wachsthum der Zelle und hiemit die Entwicklung der Organgewebe wesentlich sind, die Strömungen des Protoplasma hören, wie Kühne 1864 an einigen entscheidenden Fällen sah, in entsauerstoffter Atmosphäre auf, und die beweglichen Blätter der Mimose (Dutrochet) oder die Staubfäden von Berberis und Mahonia (Kabsch) verlieren in der Luftlere ihre Reizbarkeit. — Ein Theil des aufgenommenen Sauerstoffs dient zweifellos zur Bildung von Kohlensäure, welche um so reichlicher auftritt, je grösser die jeweilige Lebensenergie der Pflanze erscheint, jedoch zu keiner Zeit in einem bestimmten Mengenverhältniss zum Oxygene steht. — Trotz dieser Unregelmässigkeit, welche durch das schon erwähnte entgegengesetzt diffuse Verhalten der grünen Pflanzentheile im Lichte noch complicirter wird, besteht eine gewisse Aehnlichkeit dieser Vorgänge der Vegetation mit der thierischen Athmung, welche überall unentbehrlich ist, wo ein aus atomistischen Verbindungen aufgebauter Körper im Wechsel elementarer Formen und Mischungen innere wie äussere Arbeit schaffen soll. Hiezu müssen innerliche Bewegungen ausgelöst und in sinnenfälligem Verlaufe nach Aussen geworfen werden. In einem unveränderlichen Haufen ein für allemal geordneter Moleküle wäre dies nicht möglich, es gehört vielmehr dazu ein periodischer Zerfall derselben, für welchen auch in der gegen das active Thier mehr passiv zurücktretenden Pflanze, an deren Leib das Licht in der positiven Richtung der Assimilationsprocesse mitgearbeitet hat, als materieller Agitator der Sauerstoff der Atmosphäre sorgt (Sachs).

d. Atmolyse.

§. 80. Indem die molekulare Beweglichkeit der Gase durch capillare Räume eine verschiedenartige ist, kann man an eine durch Diffusion bewerkstelligte Trennung gemengter Luftarten denken. Von Graham wird zu solchen Versuchen neben andrem, theilweis noch anzuführendem Material der künstlich gepresste Graphit in dünngeschliffenen Blättchen von einem halben Millimeter Dicke empfohlen. Seine Poren sind so fein, dass unter Ausschluss jeglicher Massenströmung die ganze Bewegung als eine ächt molekulare erscheint, das Resultat der Diffusion also allein von den obwaltenden atomistischen Beziehungen abhängt.

§. 81. Die atmolytische Trennung wird um so vollständiger, je stärker der diesseitige Druck und je höher die jenseitige Luftverdünnung. Um diese und andre möglichst günstige Bedingungen des Versuches zu erfüllen, wurde der Atmolyser aus einer unglasirten Thonröhre von ungefähr 60 cm. Länge, mit Korken in einer weiteren und etwas kürzeren Glasröhre befestigt, hergestellt, letztere aber so mit einer Luftpumpe verbunden, dass der bei besagter Construction erhaltene ringförmige Raum entleert werden konnte. Das zur Atmolysirung bestimmte Gas strömt durch die Thonröhre, welche mit Erfolg den zu den Vorversuchen verwendeten Graphit ersetzen kann und leichter zu beschaffen ist. Bei der Auffangung des durchgeströmten Gases bemerkt man sofort einen namhaften Verlust an Volumen, welcher um so beträchtlicher ist, je langsamer der Durchtritt erfolgte. Die Grössenverhältnisse der Volumabnahmen bezeichnet Graham als sogenannte geometrische, während der dichtere Bestandtheil des aufgefangenen Gemenges im arithmetischen Verhältniss concentrirt erscheint. Die Unterschiede der procentigen Mischung vor und nach der Atmolyse müssen um so bedeutender ausfallen, je grösser die ursprünglichen Differenzen der Dichte und Diffusibilität gewesen sind. Während der Sauerstoff atmolysirter Luft um 16,7 prc. stieg, wurde aus einem Gemisch von gleichen Volumtheilen Sauerstoffes und Wasserstoffes der Antheil des letzteren von 50 auf 5 prc. herabgebracht. —

Anhangsweise mag die medicinisch bis jetzt nicht verwerthete physikalische Gasanalyse Bunsen's auf Grund der verschiedenartigen Absorptionscoëfficienten erwähnt werden. —

Zweiter Theil.

Die fernwirkenden physikalischen Kräfte.

§. 82. Während der Spielraum der Molekularkräfte ein sehr beschränkter ist, und eine von der unmittelbaren Berührung wenig abweichende innige Annäherung der Stofftheilchen vorausgesetzt wird, wenn diese zu irgend einer Erscheinungsform der Materie mit ihren nächsten Folgen oder den primären Kraftwirkungen vereint werden sollen, eröffnet sich uns jetzt eine secundäre Reihe von Consequenzen materieller Beziehungen, für welche diese letzteren ihren Einfluss über messbare räumliche Strecken hin geltend machen.

§. 83. Es ist wahrscheinlich, dass auch hier eine materielle Vermittlung zwischen zwei oder mehreren anscheinend nur durch phänomenale Acte verbundenen Punkten besteht, jedenfalls aber entzieht der charakteristischen Nachweisung des Stoffes durch die Wägbarkeit sich jenes Medium bis zur Stunde.

§. 84. Im Allgemeinen sind es drei Erscheinungskreise, in denen die materielle Fernwirkung thätig ist. Für den ersten Fall liegt gewissermassen nur eine Erweiterung der Molekularattraktion vor, indem Sonnen, Planeten und Satelliten als die Atome und Molekülgruppen des Weltalls zu betrachten sind, ähnliche Verhältnisse aber nur mit veränderter Anordnung der Stücke auf jeden besonderen Himmelskörper, also auch zwischen den Theilen der Erde sich wiederholen. Glücklicher Weise kann man hier die Bedingungen, von denen Richtung und Intensität der Kraft oder der ihr identischen Wirkung abhängt, bei Weitem klarer übersehen als gegenüber den Wechselwirkungen der ausserhalb der directen Beobachtung fallenden Atome, von denen erst die dritte oder vierte Reihe der combinatorischen Folgeglieder unmittelbar sinnenfällig wird. Zur Bestätigung des Gesetzes der Schwere fand Newton schon in der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts genügendes Material in der Physik des Himmels und der Erde vor; dass zwischen den kleinsten Theilchen des Stoffes eine ähnliche Beziehung herrsche, war zwar bereits ihm, dem grossen Gesetzgeber der Welt höchst wahrschein-

lich, aber der sichere Nachweis, von welcher Potenz der atomistischen Abstände ihre, vermuthlich nach Analogie des ersten Gravitationsprincipes gleichfalls der Masse einfach und gerad proportionale Anziehung eine Funktion sei, wird wohl auch dem neunzehnten Säculum noch nicht gelingen. — Für die atomistische Theorie liegt zweifellos sowohl in der Molekularanziehung, als bei der kosmischen und terrestrischen Attraktion eine Fernwirkung vor, aber die unmittelbare Betrachtung der Dinge, welche nicht die letzte und entscheidende, aber immerhin eine beachtenswerthe Instanz der wissenschaftlichen Erkenntniss bildet, sieht die erstere an eine wenn auch scheinbare doch ganz characteristisch erfassbare Berührung der betreffenden Stoffe gebunden, die letztere aber an sinnenfällig discreten Körpern hervortreten. Sofern nun thatsächlich zwischen den weit von einander abstehenden Gliedern eines Gravitationssystemes nichts Verbindendes die Kraftbeziehungen hin und her Tragendes vorgefunden, wenn auch vermuthet wird, ist eigentlich das rein mechanische Verhältniss der Dinge das aller befremdlichste oder geheimnissvollste, und wenn gerade hier die einfache Klarheit des Einblickes gerühmt wird, so ist dies ausschliesslich der formal mathematischen Verknüpfung und scharfen quantitativen Bestimmung der Erscheinungsphasen zu danken.

§. 85. Eine durchaus reelle, um nicht zu sagen, materielle Verbindung der Stadien des Phänomens liegt dagegen in den Erscheinungsreihen vor, welche in der Hauptsache auf die Schwingungen des Aethers zurückgeführt werden. Wie bei der Molekularthätigkeit entspringen auch hier grosse und mächtige Ereignisse aus Einzelacten von höchst geringfügiger Stärke und Erstreckung aber der innigsten Verkettung und Vervielfältigung. Diese Analogie in der Erzielung der Resultate lässt die Wechselwirkung verständlich erscheinen, welche zwischen den atomistischen Zersetzungen und Verbindungen einerseits, dem Lichte und der Wärme anderseits vornehmlich in den Organismen eine bedeutende Rolle spielt.

§. 86. Zur Schwere und zur Kraft der Aetherschwingungen kommt als dritte Potenz der physikalischen Fernwirkung die Elektricität, deren dem Sprachgebrauch noch jetzt geläufiges Fluidum wohl auch durch Bewegungsformen der stofflichen oder ätherischen Atome wird ersetzt werden müssen.

I.

Die Schwere.

§. 87. Dem allgemeinen Gesetz der Gravitation gehorchen auch die Organismen so vollständig, dass darüber nichts Besonderes gesagt zu werden braucht. Es genügt, daran zu erinnern, dass alle inneren Bewegungen oder Veränderungen der Massenanordnung nicht den geringsten Einfluss hinsichtlich des Haupterfolges auf die Lage oder die durchlaufenen Wege nach Richtung und Geschwindigkeit haben, welche dem Schwerpunkt eines Körpers die attraktive Resultante sämmtlicher Atome des Weltalls anweist. Müsste man sie alle jeder Zeit gleichwerthig in Rechnung ziehen, so wäre ein Erfolg der einfachsten mechanischen Untersuchung aussichtlos; zum Glück ist nur die Einwirkung der in näherer, meist nach dem bestimmten Schema eines Systemes genau regulirter, räumlicher Beziehung stehenden Massen aufeinander rücksichtlich ihrer constanten und variablen Stellung von entscheidender Bedeutung, während gleichzeitig zahllose andere Körper als ausserhalb des Verlaufes stehend betrachtet werden dürfen.

Unter dieser Beschränkung ist es möglich, die an sich unendlich complicirten mechanischen Beziehungen der Organismen und ihrer Theile auf eine kleine Anzahl bestimmter Fälle zurückzuführen, deren Verschiedenartigkeit theils vom materiellen Substrat der Processe, theils von der Form der Einwirkung abhängt.

1. Gewicht und Dichte.

A. Allgemeines.

§. 88. Die Trägheit der Masse ist innerhalb der Organismen ebenso gut anzuerkennen und festzuhalten, wie an der Materie überhaupt. Durch innere Molekularprocesse der Nerven kann die Anregung, durch diejenigen der Muskeln die Ausführung von Bewegungen gesetzt werden, deren scheinbare Selbstständigkeit um so trü-

gerischer ist, als alle organischen Wesen die äusseren Einflüsse, welche jene fördern oder hemmen mehr weniger beherrschen lernen. Aber selbst abgesehen davon, dass die letzteren ihre unvermeidliche Macht allemal in der Sachlage angemessener Grösse und Richtung geltend machen, ist schon der angeblich spontane Anstoss jener Acte eben auch nichts Anderes, als die einer bestimmten atomistischen Anordnung entsprechende Triebkraft, welche an trägen Massen den richtigen Angriffspunkt findet, um Bewegungen auszulösen.

Wo immer im Interesse eines Körpers von der allgemeinen Trägheit des Stoffes abstrahirt würde, hiesse dies ebensoviel, als ihn aus dem Complex des materiellen Daseins loslösen, der unberechenbaren Willkür überantworten, hiemit aber der Wissenschaft entziehen, welche in dieser Hinsicht nicht das geringste beschränkende oder gar negirende Zugeständniss machen, sondern für jeden gegebenen Fall nach möglichst genauer Messung der einschlägigen Werthe trachten soll. Dieser Forderung zu genügen, ist die Erkenntniss der weiteren Thatsache nothwendig, dass die Trägheit jeder Masse durch eine bestimmte Krafteinwirkung überwunden werden kann, dass jegliche solche ein ihrer grossen oder kleinen Intensität und beliebigen Richtung genau entsprechendes Resultat zur sicheren, bei gleichzeitigen Einflüssen in einer allen Sonderansprüchen gerecht werdenden Mittelerscheinung auftretenden Folge hat, und dass Kraft, Masse, Wirkung stets in exactem quantitativen Verhältniss stehen. Gleiche Massen geben mit gleichen Kräften gleiche Wirkungen, jede erkenntliche Variation der letzteren lässt daher auf eine Verschiedenheit in den beiden ersten Factoren schliessen. Die Wirkung aber erscheint entweder unmittelbar oder nach Zurückführung einer complicirteren Erscheinung auf die einfachsten und wesentlichen Momente in der messbaren Geschwindigkeit einer schweren Masse, und im andren Falle als Druck oder Zug, welchen die letztere auf die sie stützenden Körper ausübt. Auch dieser Werth lässt sich quantitativ bestimmen, indem man nach Befestigung der untersuchten Masse am einen Ende eines gleicharmigen Hebels das andre Ende desselben so lang mit Stücken von bekannter und auf eine willkürliche Einheit bezogener Gravitationsgrösse belastet, bis die horizontale Ruhelage des Hebel das eingetretene Gleichgewicht andeutet.

§. 89. Die wirkliche Masseneinheit ist das Atom. Bei seiner Unzugänglichkeit und bei der Unentschiedenheit der Frage, ob alle Atome unter sich identisch oder an sich schon mit differenten quantitativen Werthen, vornehmlich der Masse ausgestattet seien, darf man nicht ohne Weiteres die Masse gegebener Körper der Summe der darin enthaltenen Atome gleichsetzen, sondern verfährt unverfänglicher, wenn man die Masse aus der Grösse des Widerstandes gegen

beschleunigende Kräfte ableitet. Indem nun die terrestrische Anziehung thatsächlich überall an der Erdoberfläche wirksam und in den Wirkungen ebenso leicht als sicher verfolgbar ist, die an den Enden des oben erwähnten Wagbalkens hängenden Massen aber im Allgemeinen und abgesehen von dem bei verschiedenem Volumen allerdings ungleichen Gewichtverlust in der Luft unter den nämlichen Bedingungen des Gravitationseinflusses stehen, so kann man die Massen der Körper ihren Gewichten proportional setzen, ohne dabei zu vergessen, dass in den letzteren Werthen der variable Factor der örtlichen Anziehung enthalten ist, jene dagegen etwas Constantes von den localen Verhältnissen der Körper Unabhängiges darstellen.

B. Das absolute Gewicht.

§. 90. Das Gewicht eines Organismus ist zu jeder Zeit der Ausdruck eines bestimmten Entwicklungsstadium und der diesem entsprechenden oder unangemessenen Zustände. Jede Bestimmung desselben passt zwar immer nur auf einen einzelnen Fall, aber eine gewisse Constanz des Werthes in seinem Verhältniss zu den wesentlichen Factoren des organischen Geschehens ist doch unverkennbar. Diese Erkenntniss berechtigte Lavoisier zum Ausspruch, dass jedes Individuum, sofern es gesund sei, nicht mehr in der Periode des Wachsthumes stehe und grobe Excesse vermeide, unabhängig von Menge und Art der Nahrung nach 24 Stunden immer wieder nahzu auf das Gewicht des vorigen Tages zurückkomme. — Bei solcher Beharrlichkeit eines Massenquantums, das in seiner Form und Zusammensetzung beständigem raschen Wechsel unterliegt, lässt sich erwarten, dass jede beträchtlichere Störung der organischen Ordnung in Schwankungen des Körpergewichtes reflectirt werde. Ausführlich ist zur Zeit allerdings die erwartete Beziehung nicht durch genügend zahlreiche Thatsachen dargethan, aber für einzelne exquisite Fälle doch ausser Zweifel gesetzt.

§. 91. Im normalen Verlauf des Lebens halten sich die Gewichte der eingeführten Speisen und Getränke einerseits, des abgegebenen Harnes und Kothes anderseits annähernd das Gleichgewicht. Auch der Gasaustausch erfolgt mit ziemlich gleicher Vertheilung der Massen, wenigstens auf seinem Hauptwege der Lungenathmung. Einen einseitigen und zwar fortwährenden Gewichtsverlust dagegen bedingt die cutane Perspiration. In der Grösse abhängig von der Temperatur, Bekleidungsart, Bewegung oder Ruhe und andren Verhältnissen des Lebens kann das Gesammtgewicht des Verlustes durch die Haut für den Tag im Mittel auf 650 Gramm veranschlagt werden, wovon weitaus der grösste Theil auf Rechnung des Wassers zu

setzen ist, während der Werth der Kohlensäure höchstens 9 Gramm beträgt.

§. 92. Die bedeutendste Veränderung erleidet das Körpergewicht bei ungenügender Ernährung, deren Grad vom physiologischen Experiment bis zur vollständigen Inanition gesteigert worden ist. In der allerersten, freilich nur kurzen Zeit der mangelhaften oder gänzlich sistirten Nahrungszufuhr bewährt das Thier eine grosse Ertragungsfähigkeit der neuen Bedingungen seines Daseins, weil es von einem bis dahin aufgespeicherten Stoffvorrath den Lebensaufwand bestreiten kann. Sobald aber einmal in Folge der fortdauernden Ausscheidungsacte eine Abminderung des Körpergewichtes eintritt, erweist sich diese in den früheren Perioden der Hungerzeit verhältnissmässig am stärksten, weil die am leichtesten zersetzbaren Gewebe zuerst und unter reichlichster Bildung von Excretionsproducten angegriffen werden. Im weiteren Verlauf nimmt der auf die Gewichteinheit des thierischen Körpers bezogene Tagesverlust ab, ohne dass sich indess eine genaue Proportionalität zur zeitlichen Ausdehnung des Versuches herausstellte. — Die physiologisch wichtige Untersuchung über die Vertheilung der Verluste auf die einzelnen Organe und Gewebe fällt ausserhalb unseres Gebietes; es genügt hier die Angabe anzuführen, dass kein Thier fortzuleben vermag, wenn sein Gewicht auf einen gewissen Bruchtheil der normalen Schwere herabgesunken ist, dass jedoch dieser Minimalwerth selbst in derselben Gattung in sehr verschiedener Höhe erscheint, z. B. für Tauben zwischen 0,25 und 0,46 (Quotient der ganzen Gewichtabnahme in das anfängliche Körpergewicht) schwankt, im Allgemeinen aber durch den Ernährungszustand bedingt wird, von welchem die allmälige Aufzehrung ausgeht. —

§. 93. Zu dem, dem normalen Leben und der Experimentalphysiologie entnommenen Beispiel der Veränderung des Körpergewichtes kommt als dritter Fall dessen pathologische Herabsetzung im Fieber. Allerdings liegt hier eine sehr complicirte Erscheinung vor, weil einerseits aus Neigung und Vorschrift eine höchst beschränkte Nahrungszufuhr stattzufinden pflegt, anderseits Zahl und Fülle der Ausleerungen wenigstens zeitweise vermehrt ist. Virchow macht jedoch mit Recht darauf aufmerksam, dass diese eben durch den beschleunigten und gesteigerten Stoffumsatz im Organismus veranlasst werden, demnach der letztere um so mehr als die Ursache der Gewichtverminderung anzusehen ist, als diese viel zu beträchtlich erscheint, um aus der Inanition abgeleitet werden zu können, überdies auch dann eintritt, und zwar gerade recht merklich, wenn wie in hektischen Zuständen verhältnissmässig grosse Mengen

von Nahrung eingenommen werden. Es sind also „Körpertheile, welche verbrannt werden", und zwar allmälig entsprechende Portionen sämmtlicher Organe, selbst der härtesten, welche nur bei acutem Verlauf auf Kosten der leichter zersetzbaren Gewebe geschont werden. — Unter Vermeidung weiterer Excurse auf pathologisches Gebiet adoptire ich nur noch die Virchow'sche Anschauung, dass es zur Erklärung des erhöhten febrilen Stoffverbrauches weniger um reichliche Sauerstoffaufnahme und um Ausführung vollständiger Oxydationsacte, als um eine grössere Masse oder schnellere Herstellung zersetzungsfähigen Materiales im Körper sich handelt, und schliesse mit der treffenden Bemerkung Scherer's: „Je mehr in einer bestimmten Zeit durch die Processe des Organismus organisches Material verbraucht wird, ohne dass die Action der Respiration und Lebensthätigkeit gleichzeitig sich steigern, desto weniger intensiv scheint der Entkohlungsprocess stattzufinden, obschon er vielleicht extensiv stärker ist."

C. Specifische Gewichte organischer Stoffe.

§. 94. Unabhängig von allen Besonderheiten des Falles einer absoluten Gewichtbestimmung besteht zwischen den Materien aller Körper ein bestimmtes Verhältniss der unter der Einwirkung der Schwere zunächst erkenntlichen, doch mit Zahl und Anhäufung der Atome von selbst gegebenen Eigenschaften, welche als differente Grade der Dichte bezeichnet werden können, wenn man sie von der in einem gegebenen Raum vorhandenen Menge identischer Atome abhängig erachtet, aber sofern letztere Hypothese vermieden werden will, unter dem Namen der specifischen Gewichte dahin definirt werden müssen, dass sie die mathematische Gewichtbeziehung eines beliebigen Volums des Stoffes zum Gewicht eines ebenso grossen Volums reinen Wassers für eine bestimmte Temperatur darstellen.

Ich halte es sowohl in theoretischer Erwägung der grösseren Einfachheit und Consequenz der atomistischen Theorie, als auf Grund der praktischen Thatsache, dass alle Veränderungen der Dichte mit Zustandsmodificationen verbunden sind, welche als Auflockerungen oder Zusammendrängungen des molekularen Gefüges, mithin als Alterationen der Atomanzahl im Einheitsvolum erscheinen, für höchst wahrscheinlich, dass hierin überhaupt die Eigenthümlichkeiten der specifischen Gewichte begründet sind, wie dem aber auch sei, jedenfalls stehen die letzteren zu den Qualitäten und Leistungsfähigkeiten der Körper in so wichtiger Beziehung, dass ihr Verständniss zu den Haupterfordernissen der naturwissenschaftlichen Bildung gehört.

Natürlich müssen sich die desfallsigen Untersuchungen und An-Angaben innerhalb gewisser Grenzen halten, über welche man ver-

schiedener Meinung sein kann. Die folgende Reihe thierischer und pflanzlicher Stoffe, deren specifische Gewichte ich grösstentheils selbst sämmtlich bei einer mittleren Luftwärme von 15° C., mit welcher die Temperaturverhältnisse der Apparate und Materialien möglichst in Einklang gebracht wurden, und unter den sonst herkömmlichen Vorsichtsmassregeln bestimmte, dürfte dem gewöhnlichen Bedürfniss genügen. —

§. 95.

Nr.	Stoff	Spcf. Gewicht
	I. Animaler Art.	
1.	Schweinefett	0,912
2.	Dachsfett	0,917
3.	Leberthran	0,921
4.	Wallrat	0,928
5.	Kalbsfett	0,934
6.	Menschenfett	0,941
7.	Butter	0,942
8.	Hammelfett	0,943
9.	Ochsenfett	0,955
10.	Wachs (gelbes)	0,961
	„ (weisses)	0,966
11.	Glasfeuchtigkeit des menschlichen Auges	1,002
12.	Ziegenmilch	1,009
13.	Menschliches Blutserum	1,024
14.	Rahm	1,025
15.	Molken	1,027
16.	Kuhmilch	1,034
17.	Schafmilch	1,035
18.	Buttermilch	1,037
19.	Eiweiss vom Hühnerei	1,041
20.	Nervensubstanz vom Menschen	1,046
21.	Faserstoff, frisch	1,051
22.	Menschliches Venenblut	1,056
23.	Muskelgewebe	1,073
24.	Krystallinse des Menschen	1,079
25.	Menschlicher Gesammtkörper	1,111
26.	Menschliche Haut	1,191
27.	Fischbein	1,246
28.	Schafleder	1,253
29.	Rehleder	1,254
30.	Gansfedern	1,256
31.	Menschliches Kopfhaar	1,257
32.	Käsestoff, trocken	1,258
33.	Fischleim	1,268
34.	Bärenleder	1,270
35.	Rinderhornsubstanz	1,296
36.	Honig	1,451
37.	Menschenknochen	1,656
38.	Elfenbein	1,824
39.	Menschlicher Zahn	1,927
40.	Rothe Korallen	2,279
41.	Orientalische Perle	2,751
	II. Pflanzlichen Ursprungs.	
42.	Alkoholdampf	0,00208
43.	Fichtenholz (lufttrocken, so auch bei den andren Hölzern)	0,408
44.	Espenholz	0,431
45.	Erlenholz	0,538
46.	Cedernholz	0,561
47.	Apfelbaumholz	0,639
48.	Eichenholz	0,651
49.	Cypressenholz	0,664
50.	Schwefeläther	0,710
51.	Birkenholz	0,737
52.	Buchenholz	0,751
53.	Indigo	0,768
54.	Chinarinde	0,780
55.	Abs. Alkohol	0,790
56	Rosenöl	0,832
57.	Paraffin	0,871
58.	Cacaobutter	0,891

Nro.	Stoff.	Spcf. Gewicht	Nro.	Stoff	Spcf. Gewicht.
59.	Terpentinöl, roh	0,893	82.	Bier (Münchener Bock	1,034
60.	Provenceröl	0,905	83.	Zimmtöl	1,035
61.	Süssmandelöl	0,906	84.	Madeira	1,038
62.	Mohnöl	0,906	85.	Saft des Zuckerrohrs	1,051
63.	Moselweine	0,906	86.	Mahagoni	1,063
64.	Rüböl	0,917	87.	Schiffspech	1,086
65.	Leinöl	0,928	88.	Fichtenharz	1,088
66.	Kautschouk	0,935	89.	Gummigutt	1,170
67.	Colophonium	0,937	90.	Humus (Pflanzendetritus), trocken	1,225
68.	Ricinusöl	0,954	91.	Caffein	1,230
69.	Champagner	0,961	92.	Dattelkern	1,253
70.	Stearin	0,964	93.	Ebenholz	1,321
71.	Portwein	0,974	94.	Arabisches Gummi	1,358
72.	Xeres	0,976	95.	Opium	1,362
73.	Malaga	0,980	96.	Chloral	1,502
74.	Marsala	0,982	97.	Amylon	1,531
75.	Hochheimer	0,983	98.	Milchzucker	1,548
76.	Bordeauxweine	0,984	99.	Weizenmehl	1,551
77.	Burgunder, roth	0,985	100.	Schreibpapier	1,781
78.	Cider	0,987	101.	Zucker (vom Rohr)	1,841
79.	Tokayer	0,988		„ (von der Runrübe)	1,803
80.	Kamfer	0,989			
81.	Saft der Weinrebe	1,002			

2. Der Schwerpunkt.

§. 96. Da bei mechanischen Leistungen fast ebensoviel wie auf die Intensität der wirksamen Kräfte, auf deren Richtungen und Angriffspunkte ankommt, diese aber vornehmlich von der Vertheilung der Massen abhängen, ist die Untersuchung der letzteren, welche zur theoretischen Abstraktion der Lage des Schwerpunktes führt, auch für die organischen und zuvörderst menschlichen Körper von Wichtigkeit. Die Unregelmässigkeit ihrer Begrenzungsformen, und die Dichtedifferenzen der Materialien sind so beträchtlich, dass an eine strenge Berechnung des Punktes, in welchem die Resultante der Schwere angreift, so dass daselbst die Centralsumme aller Partialgewichte vereinigt erscheint, nicht zu denken ist. Selbst die empirische Auffindung ist schwierig und von zweifelhaftem Erfolg. Allerdings müssen zwei Gerade, welche von der Mitte der den herabhängenden Leib haltenden Faust durch den Körper senkrecht zur Erdoberfläche gehen, ihn zum internen Durchschnittspunkt haben. Dessen wirkliche Feststellung wird aber immer nur angenähert ge-

lingen, weil sowohl die genaue Verfolgung jener grösstentheils in unzugänglichen Räumen verlaufenden Linien, als die Voraussetzung einer ohne namhafte Störung der inneren Massenvertheilung völlig passiv geschehenden Aufhängung des Körpers nicht hinlänglich gesichert erscheint. Die nach der Längs-, Quer- und Sagittalrichtung vorzunehmende Aequilibrirung einer, am besten wohl gefrornen Leiche auf einer scharfen Horizontalkante gibt schon präcisere Werthe, aus denen nach möglichster Vervielfältigung und unter Berücksichtigung der Nebeneinflüsse ein dem allgemeinen Verhalten nah kommendes Mittel berechnet werden kann. Natürlich ist dieses für lebende Organismen nur dann in seiner Bedeutung verständlich, wenn eine Uebereinkunft hinsichtlich einer bestimmten Anordnung der Körpertheile getroffen wird, welche, ganz abgesehen von vermeidbaren willkürlichen Bewegungen, wegen der Labilität der organischen Flüssigkeiten und Gase nur ideell fixirt werden, thatsächlich aber keinen Augenblick gewahrt bleiben kann. In der Regel setzt man mit Eduard Weber voraus, dass am ungezwungen aufrecht stehenden Körper alle Theile im natürlichen Gleichgewicht sind und insbesondere die Arme beiderseits ruhig herabhängen. Ueber die Lage der inneren Theile lässt sich nur sagen, dass sie die in physiologisch-ärztlichem Sinne als normal anerkannte sein soll. Unter diesen Voraussetzungen fällt der Schwerpunkt des Gesammtkörpers in den oberen Theil des Kreuzbeines, dürfte jedoch genauer auf der vom Promontorium horizontal durch den Rumpf gezogenen Median- und Sagittallinie am vordren Ende ihres hinteren Drittel, und durch den Einfluss der Leber etwas rechts zur Seite von ihr liegen.

§. 97. Abgesehen von diesen Correktionen gestaltet sich der allgemeine Verlauf der Schwerlinie folgendermassen: Ein wenig hinter dem, vermuthlich in die Gehirnbasis fallenden, Partialschwerpunkt des Kopfes herabsteigend durchläuft sie den Rumpf vor den Hals- und Brustwirbeln, schneidet die Säule der letzteren im zehnten oder elften Brustwirbel, durchsetzt das Becken hinter der die Hüftgelenke verbindenden horizontalen Drehachse, fällt zwischen den Beinen so herab, dass eine ungefähr die hinteren Drittel der Kniegelenke verbindende Gerade mitten durchschnitten wird, und endet auf der zwischen beiden Füssen wagrecht gezogenen Sagittalgeraden in der Mitte zwischen Fersenhöcker und dem Köpfchen des ersten Mittelfussknochen.

§. 98. Ueber die Variationen in der Lage des Schwerpunktes entscheiden einestheils die der Physiologie oder schon der Pathologie anheimfallenden organischen Ereignisse im Innern des Körpers, anderntheils willkürliche Bewegungen, zumal dann, wenn

einzelne Leibestheile mit fremden Gegenständen belastet sind, von denen stets die jenseitigen beweglichen oder drehbaren Körperglieder soweit abgebogen werden, dass der gemeinsame Schwerpunkt des Organismus und der Last der normalen Stelle möglichst nahe bleibt. — Im Allgemeinen werden vom Organismus bedeutende Schwankungen in der Situation des Schwerpunktes vertragen, ohne dass es sofort zu äusseren oder inneren Gefahren käme, weil der lebende Körper stets über rasch auslösbare Kräfte verfügt, deren Angriff nach Grösse und Richtung instinktiv oder auf dem Wege der Reflexmittheilung so geregelt zu werden pflegt, dass vorkommende Störungen früher ihre Ausgleichung finden, als sie Zeit haben, bedenklich zu werden.

§. 99. Die Stellung der Knochen, welche beim natürlichen aufrechten Stehen des menschlichen Körpers nothwendig ist, wenn die Unterstützung des Schwerpunktes mit möglichst geringer activer Anstrengung geschehen soll, beschreibt H. Meyer folgendermassen:

Kopf und Rückgrat bilden in ihrer natürlichen Anordnung eine vertikal stützende Säule, deren Fuss im Becken befestigt ist; von diesem aus nach aufwärts betrachtet ist der Rumpf hinten übergelehnt, wobei die Hüftgelenke in starker Streckung erscheinen und die Querachse ihrer Drehpunkte vor der Schwerlinie des Oberleibes herüberläuft. Die Oberschenkel stehen nicht genau senkrecht, sondern bis zum ebenen Boden verlängert würden sie mit diesem einen nach vorn spitzigen Winkel von 80—81° bilden; ausserdem sind sie schwach auswärts rotirt, und einander nahzu parallel. Sie ruhen durch die Schwere fest im Kniegelenk; besonders für sich allein betrachtet; doch auch mit dem Rumpf zu einer Masse vereinigt lassen sie die Schwerlinie des letzteren nur sehr wenig hinter der Drehachse der Kniegelenke heruntergehen. Die einander parallel gestellten Unterschenkel bilden die geradlinige Verlängerung der Oberschenkel und sind wegen des oben erwähnten Neigungswinkels in das Fussgelenk so eingesetzt, dass die Schwerlinie des bisher betrachteten Körpers ein wenig vor der Horizontalen einschneidet, welche die Mittelpunkte beider Fussgelenke verbindet. Die Füsse sind nach aussen gedreht, so dass ihre Längsrichtungen einen vorwärts offenen Winkel von 50° einschliessen.

Die Körpertheile sind beim natürlichen Stehen, wie man sieht, nicht so geordnet, dass jedesmal die oberen einfach durch ihr Gewicht auf den nächst unteren äquilibrirt wären, vielmehr läuft in der Regel gerade da, wo die Continuität des Skelets durch Contiguitäten unterbrochen ist, die Schwerlinie hinter der Drehungsachse der Gelenke herab, in denen daher gegen den drohenden Fall nach Rück-

wärts eine bestimmte Fürsorge getroffen sein muss. Im Allgemeinen geschicht dies durch die Form der in den Gelenken sich gegenüberstehenden Knochenflächen, durch die jene luftdicht umschliessenden Kapseln, und durch, nach Bedürfniss straffe oder schlaffe Bänder, welche die einzelnen Stücke der knöchernen Hebelsysteme verbinden. Besondre anatomisch-physiologische Fragen gehören nicht hieher. Ihre Besprechung würde zu dem mit der Erfahrung einer beträchtlichen Ermüdung nach längerem Stehen übereinstimmenden Resultat führen, dass ein allerdings verhältnissmässig kleiner Theil der äquilibrirenden Arbeit einer activen Muskelspannung zugewiesen ist. Auch sie verfolge ich nicht ins Detail, sondern begnüge mich mit der Angabe, dass in diesem Sinne weitaus am meisten beansprucht die Wadenmuskeln erscheinen, welche die von den statischen Einrichtungen nicht ganz überwältigte Neigung des Körpers zu bekämpfen haben, den Winkel zwischen Schienbein und Fussrücken zu verkleinern, sowie mit dem Hinweis auf ein gewisses Mass psychischer Aufmerksamkeit, welche nach persönlichem Urtheil zur Erhaltung einer aufrechten, an sich völlig ungezwungenen Stellung nothwendig ist. Ermattet sie durch Schläfrigkeit oder allgemeine Schwäche, so gibt das Phänomen des Zusammensinkens die ursprüngliche Anordnung der Gravitationstendenzen kund: Kopf und Hals neigen sich nach vorn, der Rumpf fällt rückwärts, die Knie und Fussgelenke knicken ein.

§. 100. Bei den normalen Bewegungen des menschlichen Körpers unterliegt zwar während der Fortschreitung im Raume der Schwerpunkt periodisch kleinen Hebungen und Senkungen, bleibt aber in Betrachtung des ganzen Verlaufes wesentlich in gleicher mittlerer Höhe über dem Boden. Es wird also im natürlichen Gang keine Arbeit in theoretisch-mechanischem Sinne verrichtet, denn jede einzelne solche, welche bei jeglichem Schritt nöthig ist, um den vorher gesunkenen Schwerpunkt wieder zur Normalhöhe zu heben, wird im nächsten Moment durch abermaliges ebenso tiefes Herabfallen desselben aufgezehrt und am Ende der als horizontal vorausgesetzten Bahn ist durch den fraglichen Act in die mechanische Anordnung des Weltall nicht die mindeste Veränderung hinsichtlich der Vertheilung von lebendigen und Spannkräften eingeführt worden. — Natürlich fällt im physiologischen Sinne die Entscheidung über die einer bestimmten Leistung entsprechende Anstrengung unabhängig von dem positiven Nutzeffect der letzteren aus und richtet sich bloss nach dem mit ihr verbundenen Verbrauch an mechanischen und thermischen Kraftwerthen des Organismus.

Da beim Gehen die Schenkelköpfe, welche den oberen Theil des Körpers tragen, im Allgemeinen nach horizontaler Richtung fort-

bewegt werden sollen, bedarf es einer in diesem Sinne die träge Masse des Körpers angreifenden Triebkraft. Man erhält dieselbe als wagrechte Componente, wenn die durch die Gelenkstreckung ausgelöste Kraft des bei jedem Schritt nach Hinten angestemmten Beines in jene und den dazu gehörigen vertikalen Theil zerlegt wird, welch' letzterer das abwärts strebende Körpergewicht zu äquilibriren hat.

Die Höhe, in welcher die Schenkelköpfe getragen werden, hiemit also die höhere oder tiefere Lage des Schwerpunktes, ist von grossem Einfluss auf den Fortschritt im Gange. Liegt der Schenkelkopf bei b (Fig. 2), so hat das rückwärts gestemmte Bein ba eine mehr geneigte Lage gegen die Horizontalebene, als wenn bei hochgetragenem Becken d es in einer wenig von der senkrechten abweichenden Linie da zur Erde herabstrebt. Vergleicht man nun im ersteren Falle die zu der von der Beinstellung angedeuteten Diagonale gehörigen Parallelogrammseiten, deren eine die vertikale-, die andere die horizontale Componente jener Resultante ist, so überwiegt ersichtlich die zweite auf Kosten der ersteren, während andren Falles es sich umgekehrt verhält: $ac > ae$, $dc > bc$. — Offenbar kommt bei der in erster Linie beschriebenen Situation der Schwerpunkt des Körpers viel weiter nach vorn vom stützenden Fusse zu liegen, als bei mehr gesteiftem Beine; die Neigung des Rumpfes vorwärts zu fallen, ist also dort grösser, und kann nur durch eine raschere Schwingung des momentan schwebenden Beines rechtzeitig aufgehalten werden. —

Fig. 2.

3. Organische Dynamik.

§. 101. Die Bewegungen, welche von den Körpertheilen innerhalb des organischen Systemes oder hinsichtlich seiner äusserlichen Beziehungen ausgeführt werden, sind zwar unendlich mannigfach, lassen sich aber doch sowohl der Form, als der Kraftleistung nach unter bestimmte allgemeine Gesichtspunkte bringen, in deren Lichte deutlich die Beherrschung der verwickelten und anscheinend willkürlichen Erscheinungen von den mechanischen Principien erkannt wird.

Voraussetzung aller hieher gehörigen Bewegungen ist die Verbindung contraktiler Elemente mit festen Stücken, welche einerseits haltbare Anknüpfungspunkte und Drehungsachsen, anderseits formerhaltende Stützen der gehobenen oder gebogenen Glieder bilden. Dies war nur so erreichbar, dass viele einzelne kleinere solide Massen ineinander gelenkt wurden, bald mit grösserer Freiheit

und Lockerheit, welche bei genügender mechanischer Versicherung eine umfassende Veränderlichkeit der gegenseitigen Stellungen zulässt, bald in so bedeutender Festigkeit und Starre, dass erst die aufmerksame Zergliederung an den anscheinend compacten Massen die Verbindungsfugen der Bestandtheile erkennt. So ward dem Schädel die Gewölbe- oder Kuppel-, dem Rückgrat die Säulenform gegeben, aber dort sind einzelne Schalen, hier zahlreiche Glieder einer schlangenartig gekrümmten Kette durch Nähte, Knorpelscheiben und Bänder sowohl vereinigt, als getrennt. In der That bedurfte es hier namentlich im ersteren Fall nur sehr geringer Beweglichkeit, während die Aufgabe eines Schutzorganes und einer Stütze in erste Linie trat. Aehnlich verhält es sich mit jenem Becken ähnlichen Gebilde, welches vom unteren Ende der Wirbelsäule aus die Eingeweide des Bauches umschliesst und trägt. — Dagegen sollen Arme und Beine nicht bloss dem ruhenden Körper, sondern mehr noch den Bewegungen desselben dienen, jene unabhängig von gleichzeitiger Ortsveränderung zum Greifen, Halten und feineren Behandeln der mannigfaltigsten Gegenstände, diese um die Wendungen und räumlichen Fortschritte des ganzen Leibes zu bewerkstelligen. So sind denn hier die stabförmigen harten Massen von weichen grossentheils contraktilen Elementen umgeben, deren motorischen Intentionen sie deshalb leicht innerhalb der für die organischen Zwecke ausreichenden Grenzen folgen können, weil die einzelnen Gebilde verhältnissmässig kurz und an ihren Verbindungsstellen durch glatte übereinstimmend gekrümmte Flächen, Bänder und Gelenkkapseln zu vielfachen Drehungen befähigt, doch auch wieder fest genug zur gesicherten Gemeinsamkeit der Bewegung verknüpft sind. —

A. Pendelbewegungen.

§. 102. Wenn die periodische Schwingung des einen und andren Beines, wie sie im Wechsel der Schritte zur Erscheinung kommt, durch eine active Muskelanstrengung ausgeführt und dabei das volle Gewicht des Beines getragen werden müsste, würde das Gehen zu den beschwerlichsten organischen Leistungen zählen, während bekannt ist, dass es unter gewöhnlichen Umständen zu den einfachsten und leichtesten Vorgängen am lebenden Körper gerechnet werden darf, und nur in extremen Fällen zu einer merklichen andauernden Ermüdung führt.

Seine Erleichterung ist hauptsächlich darin begründet, dass einerseits der Luftdruck fast die ganze Last des in der luftleeren Beckenpfanne hängenden Beines trägt, anderseits, was hier am wichtigsten erscheint, das letztere bei seiner Schwingung sich durchaus wie ein Pendel verhält. Es ist hiebei nur nöthig, während des Ablaufes

der Schwingung das Bein rechtzeitig und im gehörigen Verhältniss zu verkürzen, damit der Fuss nicht den Boden streift, sowie die Bewegung in dem Augenblick zu unterbrechen, in welchem das betreffende Bein bei der jetzt eingetretenen Lage des Körperschwerpunktes bestimmt ist, für so lang die Stütze des Leibes zu werden, als nun das andre Bein Zeit zur Vollführung einer ähnlichen Schwingung brauchen wird. Diese an sich aber verläuft ganz nach den allgemeinen Gesetzen der Pendelbewegung; für sie ist bekanntlich massgebend die Intensität der Erdanziehung oder die von ihr abgeleitete Tangentialkraft, proportional dem sinus des Bogens, welcher in der ersten fallenden Hälfte mit ungleichförmig zunehmender, in der zweiten steigenden mit ebenso abnehmender Geschwindigkeit vom Schwingungspunkt beschrieben wird; die Zeit der Schwingung hängt ferner im geraden Verhältniss von der Quadratwurzel der Pendellänge ab, hier also, da in der Regel eine Kniebeugung des pendelnden Beines stattfindet, von der Geraden zwischen Schenkelkopf und Fusssohle. Je höher mithin jener getragen wird, desto langsamer verläuft die die Schnelligkeit des Ganges bedingende Schwingung des Pendel. Uebrigens beschreibt dieses nie den vollen Schwungbogen, doch mindestens dessen Hälfte, nach deren Ablauf beim schnellen Gang schon ein Wechsel des Schrittes einzutreten pflegt, während beim langsamen ein grösserer Bogen durchschwungen wird.

Neben der Kraftersparniss, welche durch die pendelnde Bewegung erzielt ist, hebt A. Fick mit Recht die von ihr verbürgte Gleichförmigkeit der Schritte hervor, welche bei dem unverbrüchlichen Isochronismus der Pendelschwingungen nur insoweit von der Willkür abhängt, dass die Bewegung des schwingenden Beines stets im richtigen Moment unterbrochen wird.

Die lebendige Kraft des vom vorher eingenommenen Stützpunkt aus abpendelnden Beines geht bei der Ausführung der Bewegung unter Ueberwindung der Schwere und des Luftwiderstandes verloren, wird aber in dem unterdess an den Boden gestemmten andren Beine durch die Umsetzung seiner molekularen Spannkräfte wieder gewonnen. Die häufige Wiederholung dieses Tausches bewirkt die schliessliche Ermüdung der organischen Kraftquelle.

§. 103. Weber gab den bei der Pendelschwingung der Beine im natürlichen Gang betheiligten Grössen folgenden mathematischen Ausdruck, worin l die Länge des gestreckten Beines, h die Höhe des Rumpfes, p die Schrittlänge, τ die Schrittdauer, t den Theil derselben, während welcher Ein Bein zur Stütze dient, T die Schwingungsdauer des pendelnden Beins, a einen vom individuellen Gewichtverhältniss des Rumpfes und der Beine abhängigen Coëfficienten bedeutet.

1. $l^2 = h^2 + p^2$.

2. $\tau - t = -\tau \cos \frac{t}{T} \pi$

3. $a\tau^2 = h\ (1 + \frac{\tau}{T} \pi)^2$. —

Die erste Formel ist unmittelbar aus der Fig. 2 verständlich, in welcher Beinlänge b a, Höhe des Schenkelkopfes (oder auch Rumpfschwerpunktes) b c und Schrittstrecke a c ersichtlich in den Beziehungen der Seiten eines rechtwinkeligen Dreieckes stehen; in $p = \sqrt{l^2 - h^2}$ umgeformt belehrt sie uns darüber, dass da l für eine bestimmte Wachsthumperiode desselben Individuums unveränderlich gegeben ist, der Werth der Schrittlänge p mit Zunahme der Rumpfhöhe h kleiner, mit Abnahme derselben grösser wird. Setzte man h=o, so entspräche dies offenbar der horizontalen Hinstreckung des Leibes und würde dann wirklich die wagrechte Verschiebung des Schwerpunktes in der Länge des Beines gemessen $p = \sqrt{l^2} = l$. — Die zweite Formel passt auf den normalen Gang für $\tau = t$, indem bei diesem die Dauer des Schrittes als vollendet erachtet wird, wenn das bisher rückwärts gestemmte Bein vom Boden gänzlich abgewickelt ist und in seiner stützenden Funktion von dem jetzt auftretenden andren Beine ersetzt wird. Für $\tau = t$ wird aber $\tau - t = o$, also auch $-\tau \cos \frac{t}{T}\pi = o$, zu welchem Behuf $\frac{t}{T} = \frac{1}{2}$ oder $t = \frac{1}{2}$ T gesetzt werden muss, weil $\cos 90^0 = 0$. Dies stimmt zur früher gemachten Angabe, dass die Schwingungsdauer des Beinpendel nur zur Hälfte (während der gleichlangen Anstemmung der anderseitigen Beinstütze) in thatsächlichen Anspruch genommen wird. Die beiden andren möglichen Relationen $\tau > t$ und $\tau < t$ entsprechen beziehlich der verzögerten und beschleunigten Gangweise. Für die erste Bedingung fällt der Werth von $\tau - t$ positiv aus, was in Rücksicht des Vorzeichens der rechten Seite der zweiten Gleichung nur möglich ist, wenn $\cos \frac{t}{T} \pi$ negativ wird, wozu $\frac{t}{T} > \frac{1}{2}$ oder $t > \frac{1}{2}$ T gefordert wird, indem dann die fragliche trigonometrische Funktion in den zweiten Quadranten fällt. Physiologisch gesprochen bleibt hier der stützende Fuss noch eine Weile nach Ablauf der Halbschwingung des pendelnden Beines auf dem Boden ruhen. — Für den zweiten Fall wird $\tau - t$ negativ, also $\cos \frac{t}{T} \pi$ positiv, mithin $t < \frac{T}{2}$: der ruhende Fuss verlässt früher die Erde, als der schwingende sie berührt; geschieht dies mit solcher Hurtigkeit, dass eine merkliche Zeit hindurch beide Beine zugleich in der Luft schweben, um abwechselnd kurz den Boden zu berühren, so gestaltet sich der Gang zum Laufe. —

Die dritte Formel gibt in der Gestalt $\tau = (1 + \frac{\tau}{T} \pi) \sqrt{\frac{h}{a}}$ die unmittelbare Abhängigkeit der Gehbewegung von den Pendelgesetzen, indem die Dauer jeder Einzelperiode der ersteren von der Quadratwurzel der Pendel- oder Beinlänge in geradem, von derjenigen der Schwere in verkehrtem Verhältniss bestimmt wird.

§. 104. Die meisten Menschen führen während des Gehens Schwingungen der Arme aus, welche, falls sie in voller Natürlichkeit erfolgen, auch einem natürlichen Bedürfniss entsprechen, welches allerdings nicht so dringend ist, dass nicht jene Bewegungen modificirt, ja ganz unterlassen werden könnten, doch aber mit der Sicherheit und der Maximalleistung des Ganges in einem gewissen Zusammenhang steht. — Indem nämlich bei ungezwungenem Verlaufe der fraglichen Acte der Arm einer Seite jeder Zeit im entgegengesetzten Sinne schwingt, als das anderseitige Bein, wird die von letzterem in seiner Bewegungsrichtung bewerkstelligte Verschiebung des, ohnedem genau genommen häufigen Oscillationen verfallenden und in ziemlich complicirter Kurve während des Ganges fortgetragenen, Schwerpunktes vom ersteren zum Theil paralysirt, was namentlich bei belastetem Körper um so nothwendiger ist, als sich der Mensch nicht jenes vortheilhaften Verhältnisses zwischen Standfestigkeit und Zug- oder Tragkraft erfreut, welches den vierfüssigen Thieren durch den günstigen Verlauf ihrer Schwerlinie senkrecht zur Rückenachse zwischen Hinter- und Vorderbeinen verbürgt ist. —

§. 105. Sofern man als das Wesentliche der Pendelschwingung die periodische Wiederkehr gleichartiger Bewegungsphasen in den Vordergrund stellt, können auch mehrere innere organische Acte nach dem Schema der ersteren betrachtet werden, obschon der specielle Verlauf derselben in den mathematischen Werthen sich kaum in aller Strenge der Sinuskurve anschliesst. — Ich mache hier bloss den Rhythmus der Herzschläge und der Athemzüge namhaft. — Die Reihenfolge der ersteren nebst den zwischengeschobenen Erschlaffungspausen ist bekanntlich sowohl im zeitlichen Verlauf als im örtlichen Wechsel der jedesmal ergriffenen Stellen wohl geordnet. Von den physiologisch sehr werthvollen in dieser Hinsicht bekannten Thatsachen interessirt uns vornehmlich die Angabe Volkmann's, dass die Zeit der Kammercontraktion gleich sei derjenigen, in welche sich die Zusammenziehung der Vorhöfe und die gemeinsame Erschlaffungspause theilen. Die Bestimmungsmethode war eine akustisch-mechanische, indem die Dauer des der Kammersystole synchronen ersten Herztones mittels eines Pendels ge-

messen ward, dessen Linse so lang verschoben wurde, bis seine Schwingung den vom organischen Acte eingehaltenen Zeitwerth einnahm. Ludwig, welcher die Allgemeinheit jenes Resultates in Zweifel stellt, arbeitete mit dem feineren Prüfungsmittel des Fühlhebel am blossgelegten Thierherzen und fand, dass bei namhafter Aenderung in der Schnelligkeit der Herzschläge der Zeitraum der ventrikularen Diastole bedeutender schwankt, als derjenige der Systole, überhaupt aber das Verhältniss der einzelnen Perioden in der Herzrhythmik mit der physiologischen Energie des Organes variirt. —

Die Periodicität der Athembewegung beruht hauptsächlich auf der Variation der elastischen Eigenschaften des Brustkorbes und insofern jede Federkraft nach Art des Bewegungsprincipes der Pendel mit der Ausweichung vom Gleichgewichtstand sowohl zu- als abnimmt, liegt eine deutliche Analogie der respiratorischen Rhythmik mit der pendulirenden Oscillation vor, so verschiedenartig auch die äusseren Formen derselben erscheinen mögen. —

B. Gelenkbewegungen.

§. 106. Adolf Fick, welcher diesen Gegenstand ebenso gründlich als anschaulich behandelt hat, verlegt den wesentlichen Unterschied zwischen Symphise und Gelenk dahin, dass erstere die verbundenen Knochen auf ein stabiles Gleichgewicht verweist, um welches sie der Grösse nach nur wenig, der Richtung nach aber allseitig sich bewegen können, in letzterem dagegen keine nothwendige Bedingung für eine äquilibrirte Stabilität der betreffenden Stücke enthalten ist.

§. 107. Obschon eine Physik der Gelenkbewegungen ihre eigentliche Aufgabe in der Bearbeitung specieller Probleme finden würde, lassen sich doch gewisse allgemeine Verhältnisse feststellen, denen man bei jeder zum Zweck jener gemachten anatomischen Veranstaltung wieder begegnet. An der Spitze derselben steht der Satz, dass zwei im Gelenk verbundene Knochen nur solche Bewegungen gegeneinander auszuführen vermögen, bei denen der von der Gelenkkapsel umschlossene Raum unveränderlich bleibt. Einerseits nämlich ist die von den glatten Knorpelenden der Knochen und der Innenwand der Kapsel begrenzte Höhle vollständig mit Gelenkschmiere und Flüssigkeit erfüllt, welche innerhalb der hier eingehaltenen Druckgrenzen incompressibel sind, anderseits entstände bei jeder Vergrösserung des fraglichen Binnenraumes eine Luftleere, welcher unter gewöhnlichen Umständen der Druck der umgebenden Atmosphäre mit genügender Macht entgegenwirkt.

In zweiter Linie wird für die in Berührung stehenden und auf-

einander schleifenden Stücke der Knochenenden die Forderung der Congruenz gestellt.

Damit in enger Verbindung steht die dritte Bedingung jeder ergiebigen Gelenkbewegung, dass die Berührungsflächen der zusammenstossenden Knochen gemäss ihrer geometrischen Beschaffenheit überhaupt ein stetiges Uebereinandergleiten gestatten. Dazu sind nun vor Allem die durch vollständige Drehung einer Kurve um eine für den betreffenden Act constante Gerade entstandenen Rotationsflächen geeignet, doch auch, wie zuerst A. Fick theoretisch, dann Langer am Sprunggelenk mehrerer Säugethiere thatsächlich nachwies, die Schraubenflächen, welche indess, da von den bei jeglicher Bewegung combinirten Doppelrichtungen die Verschiebung längs der Achse gegen die Drehung um dieselbe fast verschwindet, in ihrer mechanischen Bedeutung sich den ersteren nähern.

§. 108. Da eine Rotationsfläche an dem ihr congruenten aber entgegengesetzt gehöhlten Ergänzungsstück nur bei ächten Achsendrehungen continuirlich gleitet, können die nach diesem geometrischen Schema construirten Gelenke bloss auf Bewegungen eingehen, bei denen sich die betreffenden Knochenenden um die Achsen der von ihnen dargestellten Rotationsflächen drehen.

Unter sämmtlichen Rotationsflächen erlaubt nur eine die Beweglichkeit der verbundenen Stücke nach allen Richtungen, nämlich die Kugelfläche, für welche jede durch den Mittelpunkt gehende Gerade die Rolle einer Drehungsachse übernehmen kann. Dies ist im Allgemeinen auf Grund der geometrischen Eigenthümlichkeit der Kugel leicht zu begreifen, aber eine bestimmte Anschauung vom wirklichen Verlauf der völlig freien Drehung eines Körpers um einen Punkt gewinnt man allerdings nicht so leicht wie wenn es sich um eine feststehende Linearachse handelte. Fick sucht das Verständniss der entscheidenden Punkte aus Poinsot's *theorie nouvelle de la rotation des corps* herzuleiten, was indess nur theilweise gelingen kann, weil elementare Umschreibungen höherer mathematischer Untersuchungen gegenüber dem präcisen und sicheren Gang der letzteren immer weitschweifig und dennoch dürftig ausfallen. Ich glaube gar nicht, dass sich diese und ähnliche Dinge vollständig popularisiren lassen, sondern dass das Studium des originalen Kalkül der mühsamste aber sicherste Weg zum Ziele ist. Lässt sich überhaupt in solchen Angelegenheiten etwas thun für die gröbere Auffassung, so muss man in der Regel auf die volle Allgemeinheit verzichten und unter Aufstellung einiger beschränkender, möglichst dem wahren Sachverhalt entnommener Bedingungen den Erscheinungen einen Ablauf geben, welcher sie schon bekannten Ereignissen vergleichbar macht. — Hier wird man die einzige Drehung um einen Punkt auf mehrere

Drehungen um Linearachsen zurückführen, was stets möglich ist, der zusammenhängenden Auffassung der Theilprocesse als Glieder Eines Actes gar keine Schwierigkeit bereitet, und thatsächlich mittels jener zu demselben Ziele führt, welches dieser für sich erreicht. Welche Lagen im Raume den successiven Drehungsachsen gegeben werden müssen, hängt vom besondren Falle ab, im Allgemeinen aber wird sich überall den anatomischen Verhältnissen die Aufstellung rechtwinkelig gekreuzter Achsen anpassen lassen, welche beziehlich von Oben nach Unten, von Vorn nach Hinten, von Rechts nach Links laufen und im Drehpunkt des Gelenkes sich schneiden: Es gibt keine Bewegung des letzteren oder mittels desselben, deren Erfolg nicht auch so erreicht werden könnte, dass man nacheinander um je eine der besagten Achsen eine Drehung von bestimmter Grösse ausführen lässt, welche im rein geometrischen Sinne als Componente des wirklichen Vorganges erscheint.

Eine besondre Aufmerksamkeit hat der in diesem Abschnitt mehrmal erwähnte Forscher den sattelförmigen Gelenkflächen im IV. Band der Zeitschrift für rationelle Medicin gewidmet. Wird ein nicht sehr ausgedehnter Kreisbogen um eine in derselben Ebene liegende Gerade als Achse so gedreht, dass ein concaver mit den Rändern vorspringender Gürtel entsteht, und schneidet man aus ihm ein kreisförmiges Stück aus, so ist dies nach der Gürtelhöhlung, etwa von Oben nach Unten, concav, senkrecht dazu nach der, quer und ringsherum laufenden, Gürtelkrümmung convex, mit einem Wort: sattelförmig. — Da hier zwei Rotationsflächen vereinigt sind, müssen auch zweierlei Drehungen möglich sein, und zwar um zwei Achsen, welche in einer dem gegebenen Verhältniss der Krümmungen entsprechenden Entfernung sich rechtwinkelig kreuzen. In jedem der am Gelenk betheiligten Knochen liegt eine dieser Achsen. — Die Leistung der Sattelgelenke kann man sich vermittelt denken durch ein zwischen den betheiligten Knochen eingeschaltetes Stück, das mit ihnen durch Charniere verbunden ist, deren Achsen die oben zur Construction vorausgesetzte Rotationsachse des Cylindergürtel und eine Gerade sind, welche alle Mittelpunkte der parallel zum ursprünglichen Bogen gelegten Kreisschnitte des Sattels verbindet. —

§. 109. In mechanischer Hinsicht vermitteln die Gelenke in der Regel Leistungen der Knochen und Muskeln, welche nach dem Schema des Hebel zu beurtheilen sind. Betrachten wir beispielsweise in diesem Sinne Arm und Bein, deren hieher gehörige Eigenschaften Buff in seiner physikalischen Mechanik ausführlich untersucht hat. Je nach der Anordnung, welche dem Ellbogengelenk gegeben wird, begünstigen wir den Bewegungsspielraum der Hand oder die Grösse der von ihr im Gleichgewichte halt-

baren Last. Ist nämlich der Arm geradhorizontal ausgestreckt, so wird jede geringe Verkürzung der Schultermuskeln die Hand einen beträchtlichen Bogen beschreiben lassen, längs dessen die Finger in der mannigfachsten Weise sich zu bethätigen vermögen, vorausgesetzt nur, dass ihnen eine verhältnissmässig kleine Last anvertraut ist, weil diese an einem mehr als zwanzigfach längerem Hebelarme wirkt, als der nah am Schultergelenk sich ansetzende Hebemuskel des Armes. Dagegen entspricht die in Fig. 3 (nach Buff phys. Mech. S. 74 vereinfacht) dargestellte Situation einer möglichst im Sinne grosser Tragkraft vortheilhaften Verwendung der Schulter und Armmuskulatur. Es bezeichnen a, b, c die Orte von Schulter, Ellbogen und Hand bei senkrecht ruhig herabhängendem Arm. Wird zuvörderst mittels des Deltamuskel der Oberarm in die Lage ab′ gebracht, so ist hiemit eine senkrechte Hebung des Ellbogen um bd bewerkstelligt; geschieht dann in letzterem eine Drehung des Unterarmes b′c′ nach b′c″, so hebt sich die Hand diesmal um cc′ im Ganzen also um cc″ = bd + cc′ und bleibt mit der etwa darauf liegenden Last vertikal unter dem Stützpunkt a. — Ist m der mittlere Ansatzpunkt der, der Last gegenüber wesentlich thätigen Muskulatur, so steht die statische Gleichung L. c″c = K. mn.

Fig. 3.

An der vertikalen Erhebung des Körpers können sich drei Hebel mit veränderlicher Winkelneigung der Schenkel betheiligen, deren Drehpunkte im Hüft-, Knie- und Fussgelenk liegen. Eine glückliche Combination und zeitliche Concentrirung der zu ihren Drehungen verfügbaren Muskelkräfte führt zu der äusserst energischen aber kurzen Leistung der Sprungbewegung, in deren gegenüber dem Körpergewicht überraschend intensiven Production kleine Thiere, vornehmlich aus der Reihe der Insekten bekanntlich den Menschen bei Weitem übertreffen. Für diesen kommt unter gewöhnlichen Umständen nur die Biegung im Knie in Betracht. Um den daselbst gegebenen Winkel abc Fig. 4 zur Streckung des Beines in einen geraden überzuführen, bedarf es einer vorzüglich vom Unterschenkelstrecker geübten Spannung, deren Linearwerth in bd gemessen sein mag; als Druck längs des Unterschenkels in der Richtung be fortge-

Fig. 4.

pflanzt und mit der hier ausgelösten reaktiven Kraft combinirt führt jene muskulare Action zur Resultante bf, in welcher sich offenbar das Knie bewegen muss, um dem Beine zur Stellung ac zu verhelfen. Ist l die ohne beträchtlichen Fehler als gleich angenommene Länge des Ober- und Unterschenkel, α ihr Winkel in der Knickehle, so wird $ac = 2l . \sin\frac{\alpha}{2}$; $bf = l . \cos\frac{\alpha}{2}$, und die von dieser Kraft bewirkte Erhebung des Körperschwerpunktes $= 2l - 2l \sin\frac{\alpha}{2} = 2\,l\,(1 - \sin\frac{\alpha}{2})$. Letzterer Ausdruck mit dem Gewicht des Leibes und einer allfälligen Last multiplicirt gibt den Werth der vollbrachten mechanischen Arbeit. —

§. 110. Im Allgemeinen werden die durch mehrfache Muskeln an Rotationsgelenken ausführbaren Drehungen auf einfache geometrische und statische Formen sich zurückbringen lassen, wenn Richtung und Grösse jeder betheiligten Muskelthätigkeit in einer Linie darstellbar sind, welche man in zwei Componenten zerlegt, deren eine zur Drehungsachse parallel ist, während die andre in einer darauf senkrechten Ebene verläuft. Jene fällt aus der weiteren Betrachtung fort, weil sie eine als unzulässig vorausgesetzte Verschiebung der betreffenden Theile längs der Achse anstrebt. In der Reihe der beliebig vielen zweiten Componenten hat man lauter lineare Repräsentanten von Kräften, deren Hebelarm aus der anatomischen Situation sich unmittelbar ergibt. Bei Anlage der Rechnung sind den zur Verfügung stehenden Gliedern die zukömmlichen Qualitätszeichen in der Art zu verleihen, dass wenn eine bestimmte, meist von der physiologischen Normalleistung angedeutete Richtung als positiv angenommen ist, die entgegengesetzte für negativ gilt. Als Einheit, auf welche die Rechnungswerthe, um sie concret zu machen, bezogen werden müssen, wählt man am besten den Druck oder Zug, welchen 1 Kilogramm an einem Hebelarm von 1 Meter Länge hervorbringt.

Durch ein Kugelgelenk oder überhaupt ein solches, bei welchem die Drehungen nicht um eine Linearachse, sondern um einen Punkt geschehen, legt man eine vertikale, querhorizontale und sagittalwagrechte Achse, an deren Durchschnitt acht hohle Ecken entstehen, in deren eines jedenfalls die Achse irgend welcher von einem beliebigen Muskel veranlassten Drehung fällt. Die ihr entsprechende

Kraftgrösse lässt sich in parallelepipedischer Form auf drei zu einander senkrechte Seitenkräfte zurückführen, deren Richtungen mit den vorerwähnten Normalachsen zusammenfallen. Nachdem man das Verhältniss der drei Componenten für jeden betheiligten Muskel aufgefunden hat, ist leicht zu entscheiden, nach welcher Seite das Uebergewicht der Kraft geübt wird, oder ob ein doppelsinniges Bestreben besteht, auf dessen complicirte Leistung gewöhnlich schon die anatomische Bezeichnung des betreffenden Stückes hinweist.

Jede Zergliederung eines solchen Vorganges hat eigentlich nur momentanen Werth, denn im natürlichen Fortschritt jenes ändert sich die gegenseitige Stellung der einflussreichen Glieder des Actes möglicher Weise so namhaft, dass eine neue Feststellung der besprochenen Verhältnisse nothwendig wird, und so oft wiederholt werden muss, als man Phasen der Bewegung verfolgen will.

C. Die Arbeit der Muskeln.

§. 111. Die mechanische Thätigkeit der Muskeln gibt sich allgemein in doppelter Form zu erkennen, entweder sie wirken als Zug an knöchernen Hebelwerken, oder sie üben einen Druck auf den Inhalt von Hohlräumen; dort sind sie strickartig oder doch mit überwiegender Längsausdehnung angelegt, hier flächenhaft ausgebreitet. Der zweite Fall, welchem wir an der Bauchpresse und bei den respiratorischen Bewegungen des Zwerchfell begegnen, könnte mechanisch erledigt werden, wenn unter Vergleichung des ursprünglichen und des vom Muskeldruck verminderten Volums der Höhlung der von ihrem Inhalt geäusserte Widerstand bekannt wäre. Da die Flüssigkeiten unter den hier in Betracht kommenden Pressungen einen unveränderlichen Umfang bewahren, also bloss anders vertheilt werden können, und auch die festen Theile nur Verschiebungen erleiden, endlich den Gasen die Communikation mit der Atmosphäre offen zu stehen pflegt, kommt in Uebereinstimmung mit den physiologischen Thatsachen die fragliche Arbeitsgrösse fast ausschliesslich der excretorischen Beförderung fester, flüssiger oder gasiger Stoffe zu gut.

§. 112. Im ersten Falle, obschon derselbe meist leicht auf die Principien des Kraft- oder Geschwindigkeitshebel zurückführbar ist, erscheint eine allgemeine Lösung des Problems unmöglich, wenn überall die anatomischen Gestaltverhältnisse der Muskeln mit allen Besonderheiten in Anschlag gebracht, alle Willkürlichkeiten der Bewegung berücksichtigt und alle Phasen derselben für jeden Augenblick verfolgt werden sollen. — Am leichtesten liesse sich die dritte Forderung befriedigen, sofern damit nur gewisse Hauptstadien eines zusammenhängenden motorischen Actes gemeint sind. — Die in zweiter

Linie beantragte Erwägung kann abgelehnt werden, denn die Wissenschaft hat nicht die Aufgabe, den Zufälligkeiten nachzugehen, sondern das allgemein Giltige festzustellen. Man wird also in dieser Hinsicht die Uebereinkunft treffen, dass die untersuchte Bewegung in normaler, d. h. in einer Weise verlaufe, welche der natürlichen Einrichtung der betheiligten Stücke entspricht und demgemäss auch nach der Erfahrung in der Regel eingehalten wird. — Der erste endlich der oben erwähnten Punkte wird durch Einführung des mechanischen Begriffes der Resultante erledigt. Unter der Voraussetzung nämlich, dass die Muskelfasern, deren jede strenggenommen ihre eigene von anatomischen und physiologischen Factoren abhängige Arbeit verrichtet, parallel oder gegen einen Punkt convergent, zudem gleichgespannt seien, gibt es für jeden Muskel von beliebiger Form eine Mittellinie, in welche die Richtung des Gesammtzuges fällt. Diese Linie, welche im Allgemeinen nach dem Schema des Kräfteparallelogramms construirbar ist, erscheint als Resultante aller Spannungen des gegebenen Muskel und auf sie ist vom Dreh- oder Stützpunkt aus die Senkrechte zu fällen, welche den Hebelarm der Kraft darstellt. Der Verlauf der einzelnen Muskelfasern ist nie so verwirrt, dass von dieser Seite der Anwendbarkeit des Verfahrens erhebliche Schwierigkeiten begegnen, aber zwei andre Punkte geben allerdings zu Bedenken Anlass. Einmal ändert sich im Verlauf der Bewegung die gegenseitige Stellung der Knochen und Muskeln sehr beträchtlich und dann haben oft die kontraktilen Fasern im nämlichen Muskel ungleiche Länge, erreichen also möglicher Weise in verschiedenen Zeiten ihre Maximalverkürzung. Hiemit ist eine Variation in die Kräftevertheilung eingeführt, welche die Untersuchung complicirter und nur im Einzelnen ausführbar macht, weil die Annahme einer einfachen Proportionalität zwischen der in der Richtung der Resultante geübten Kraft und dem Muskelquerschnitt nicht mehr erlaubt ist. —

§. 113. Denken wir uns einen Muskel als vertikalen Streifen an seinem oberen Ansatzpunkt unverrückbar befestigt, am unteren mit einer Last beschwert, als welche im einfachsten Falle das Gewicht eines Körpertheiles erscheint, so kann sich derselbe nach Weckung seiner Kontraktilität durch bewusste Innervation oder einen elektrischen Reiz auf ein kürzeres Stück zusammenziehen, und hiemit das ihm Verbundene von einem tieferen zu einem höheren Punkt heben; kennt man das Gewicht des letzteren Objektes oder lässt sich überhaupt der der fraglichen Bewegung entgegentretende durch sie zu bewältigende Widerstand in Gewichtgrössen ausdrücken, so hat man diesen Werth mit der Hubhöhe zu multipliciren, um die Arbeit des Muskels zu erhalten.

Gegen diese von Eduard Weber eingeführte Auffassung macht Adolf Fick geltend, dass an Stelle des Hubes ein Wurf zu setzen sei, gibt jedoch zu, dass wenn es sich um den Nachweis der in der Welt thatsächlich erzielten Wirkung oder des reinen Nutzeffectes handle, das Stück fd (Fig. 5) abgerechnet werden müsse. Mit diesem, wie mit den übrigen durch Buchstaben und Querstriche auf der Geraden ad markirten Theilen hat es aber im Sinne Fick's folgende Bewandtniss. af bedeutet die natürliche Länge eines ruhenden unbelasteten Muskel, ab diejenige Linearstrecke, welche er unter Einwirkung eines seinen Dimensionen und sonstigen Eigenschaften entsprechenden (elektrischen) Reizes annimmt; ad und ac haben beziehungsweise dieselbe Bedeutung, wenn eine constante Belastung des Muskels mit x Gramm vorausgesetzt wird. Ueber den Punkt b hinauf bis e soll nun in einer Art vertikaler Schleuderbewegung die Last mit verzögerter Geschwindigkeit unter allmäligem Verbrauch der im ersten Theil der Bewegung erworbenen lebendigen Kraft noch emporgeworfen werden. Erwägt man, dass die Strecke bc nicht der directen Thätigkeit des Muskels zu verdanken ist, sondern nur vermöge der Trägheit vom Gewichte zurückgelegt, auch sobald über letztere die Schwere Herr wird, rückwärts durchlaufen werden muss, so dass schliesslich höchstens in b die Last von den kontraktilen Elementen des Muskels schwebend getragen wird, so erhalten wir die Arbeitsgrösse $cd \times P = bf \times P$ denn $cd = cf + fd$ und $bf = cf + bc$. Die zweiten Summanden beider Summen, deren an erster Stelle stehende Glieder identisch sind, fd und bc bedeuten aber das Nämliche, oder weichen wenigstens unmerklich von einander ab; sie sind, wie man sieht, die Längen, um welche beziehungsweise der ruhende und der gereizte Muskel vom Gewichte ausgedehnt wird.

Fig. 5.

a
e
b
c
f
d

§. 114. Ueber eine besondre Frage unsres Gegenstandes wurde 1870 von Most eine Untersuchung veröffentlicht, welche eine specielle Mittheilung verdient, nämlich über die Beugungsarbeit der Muskelcontraction. — Stellen in Fig. 6 (nach einer Zeichnung in Poggendorff's Annalen der Physik, 139. Bd) ac und bc die Knochen des Ober- und Unterarmes, ab die Resultante der contrahirten Brachialmuskeln vor, so hängt deren Leistungsfähigkeit in jedem Moment von der Länge u ab, so dass für eine diese vermindernde unendlich kleine Contraction der Werth der Kraft $K.du$ ist, und wenn α und β maximum und minimum der möglichen Länge sind,

Fig. 6.

$$\int_{\beta}^{\alpha} K.\,du = K\,(\alpha - \beta)$$

den mathemathischen Ausdruck für die in der vollständigen Contraction disponible Arbeit bildet. Gestattet das Gelenk c eine Beugung von 180°, so sind die Entfernungen der Ansatzpunkte a und b vom Drehpunkt c

$$ac = \frac{\alpha + \beta}{2},\ bc = \frac{\alpha - \beta}{2}$$

Ist a fixirt, b c beweglich, so zerfällt die Kraft b e in b f und b g; in ersterer Richtung ist keine Bewegung möglich, also kommt die thatsächliche Arbeit ausschliessend der Beugung zu gut, während bei unvollständiger Fixirung von a c, der etwa noch um ein Gelenk: II drehbar ist, ein Theil der Arbeitskraft zur Bewegung in der Componentenrichtung b f verwendet wird. Im ersten Fall hat man $bg = K.\frac{cd}{bc}$, und, nachdem $\wedge\,\varphi$ durch die Muskelcontraction um $d\varphi$ verkleinert, b also in der Richtung b g um b c $d\varphi$ verschoben wurde, für die in b geleistete Arbeit

$$bg = K.\,bc.\,d\varphi.\,\frac{dc}{bc} = K.\,dc.\,d\varphi = K.\,du,$$

weil $dc = \frac{ac.\,bc.\,\sin\varphi}{(ac^2 + bc^2 - 2\,ac.\,bc.\,\cos\varphi)^{\frac{1}{2}}}$ also $dc.\,d\varphi = d\,(ac^2 + bc^2 - 2ac.\,bc.\cos\varphi)^{\frac{1}{2}} = du.$

Verändert sich im zweiten Fall der Winkel ψ am Gelenk H unter denselben Umständen um $d\psi$ wie φ um $d\varphi$ und greift die Muskelkraft bei a und b mit den Grössen ah, be unter den Winkeln ε und η an, so ist bg $= K.\sin\eta$, bf $= K.\cos\eta$. Von ersterer Componente wird der Knochen be bewegt. bf wird nach cl verlegt und rechtwinkelig in cm, cn zerlegt, wovon cn $= K.\cos\eta.\sin\varphi$ auf den Knochen cH wirkt, während in a die Componente ao $= K.\sin\varepsilon$ thätig ist. Kommt Hcb durch Aenderung des Winkel ψ um $d\psi$ nach Hnb_1, so war die auf He verwandte Arbeit $dA_1 = K.\cos\eta\sin\varphi.He.d\psi - K.\sin\varepsilon\, Ha.d\psi$. Werden be und $b_1 n$ bis zum Durchschnitt p verlängert, so ist der hier entstehende Winkel nichts anderes als $d\psi$. Wird cb_2 gleich und parallel mit nb_1 gemacht, so ist $bb_2 = bc\, d\psi$ und $b_1 b_2 = Hc\, d\psi$, mithin die auf cb verwandte Kraft $dA_2 = K.\sin\eta\,(- bc\, d\varphi - bc\, d\psi + \cos\varphi\, He.d\psi)$.

Die Gesammtarbeit ist $dA = dA_1 + dA_2$. —

Bleibt der Muskel ab sich selbst parallel, so ist $d\psi = d\varepsilon$ also

$$\left.\begin{array}{l} dA_1 = K.\cos\eta\,\frac{hc}{bc}\,u\sin\varepsilon\, d\varepsilon - K.ha.\sin\varepsilon.\, d\varepsilon \\ dA_2 = -K.du - K.ae.\sin\varepsilon\, d\varepsilon + K\,\frac{He.ac}{bc}\cos\varphi\sin\varepsilon\, d\varepsilon \end{array}\right\}\text{ woraus}$$

durch Integration $A_1 = \frac{K}{3}\,\frac{He}{ae}(\alpha-\beta),\ A_2 = K(\alpha-\beta) - \frac{K}{3}\cdot\frac{He}{ae}(\alpha-\beta)$ erhalten wird. Liegt der Muskelansatz a so nah am Gelenk H, dass ohne Fehler $\frac{He}{ae} = 1$ gesetzt werden darf, so fällt $\frac{1}{3}$ der verfügbaren Arbeitskraft auf den oberen, $\frac{2}{3}$ auf den unteren Knochen.

Unter Berücksichtigung aller bei den betrachteten Vorgängen zur Geltung kommenden anatomischen und physiologischen Thatsachen ergibt sich, dass ein Muskel von der Contractionskraft K angenähert einen Widerstand mit dem Drehungsmoment $\frac{\pi}{8}K\,(\alpha-\beta)$ überwindet. —

§. 115. Bei Beurtheilung der mechanischen Leistungen eines organisirten Körpers kommt man zu ganz verschiedenen, dem Wesen nach kaum vergleichbaren Resultaten, wenn man die Summe aller dem Organismus selbst zu gut kommenden Arbeiten der einzelnen Glieder oder den objectiven Nutzeffect einer äusserlichen Thätigkeit in's Auge fasst. Selbst im letzteren einfacheren Falle bedarf es noch einiger Beschränkungen der Annahmen, wenn dem Rechnungswerth ein gewisser Grad von theoretischer Allgemeinheit gesichert werden will. Maxima und minima der innerhalb bestimmter Grenzen von der individuellen Willkür abhängigen Anstrengung und

ihrer zeitlichen Erstreckung sind für specielle Untersuchungen wichtig, aber nicht massgebend für den *Mittelwerth der menschlichen Arbeit*, zu dessen Feststellung an der Hand der Erfahrung eine achtstündige Arbeit für den Tag und eine Leistung von 10 Kilogrammmetern (auch wohl $10^1|_2$—11) in der Sekunde, also ein täglicher Nutzeffect von 288000 k.m. (rund 300000) angenommen werden darf. — Wird unter ähnlichen allgemeinen Voraussetzungen die *Sekundenarbeit eines Pferdes* (dynamisches Pferd, Pferdekraft) zu 70 k.m. (oder: 75) gesetzt, so ist leicht eine Vergleichungszahl zwischen menschlicher und thierischer Leistung zu finden. —

Der erste Theil der obenhingestellten Aufgabe lässt sich nicht einmal angenähert lösen, denn es sind die meisten zugehörigen Werthe unbekannt; sicher ist nur, dass die Anlässe der *inneren organischen Arbeiten* sehr zahlreich sind, zum Theil deren Beanspruchung eine unaufhörliche ist, und die ihnen allenfalls äquivalente mechanische Grösse auch die maxima der sinnenfälligen Nutzeffecte menschlicher Thätigkeit übersteigt.

Betrachten wir in diesem Sinne beispielsweise die *Kraft des Herzens* unter Vorwegnahme einfacher hydrostatischer Regeln, so finden wir deren Aeusserung in doppelter Form, einmal als Druck gegen die Seitenwände der Adern, dann in der Geschwindigkeit, mit welcher in diesen das Blut dahinströmt. Ersteren misst man ohne Weiteres durch die Höhe einer Quecksilbersäule, welche von ihm im Gleichgewicht gehalten wird, und an der menschlichen Aorta 110 mm. beträgt. Die Geschwindigkeit des Blutes ist mit Genauigkeit nächst dem Herzen nur in der Karotis gemessen, doch darf der bezügliche Werth ohne namhaften Fehler in unsere calculatorische Betrachtung aufgenommen werden. Sie beträgt in maximo 300 mm. in der Sekunde, was einem Fallraum oder einer Druckhöhe von 4,5 mm. entspricht, weil $p.S = \frac{p.c.^2}{2g}$ also $S = \frac{c^2}{2g} = \frac{90000}{19620} = 4{,}5.$ Multipliciren wir diese Zahl mit dem approximativen Querschnitt der Karotis zu 105 q.mm. und lassen das Blut an Dichte dem Wasser gleich sein, so ist das Gewicht der Flüssigkeitsäule, das die Stosswirkung des Herzens darstellt, 0,4725 gr. und dies entspricht ungefähr einer gleichdicken Quecksilbersäule von 0,363 mm. Höhe. Wird dies zum obigen Schätzungswerth des Seitendruckes addirt, so folgt als angenähertes Mass der gesammten Herzkraft 110, 363 mm. Quecksilberdruck.

Man gewinnt indess von der in Frage gestellten *Herzarbeit* eine klarere Vorstellung, wenn auch nur ein ungefähres Mass, sofern statt jenes *statischen Druckwerthes* die *lebendige Kraft des Blutstromes* nach folgenden, allerdings nicht ganz scharfen, und in mangelnder Kenntniss gewisser Zwischengrössen, besonders hinsichtlich des cardialen Innendrucks, bloss provisorisch hingestellten

Erwägungen bemessen wird. Wenn, was im Mittelfall giltig erscheint, mit jeder Herzbewegung 0,175 kgr. Blut unter der Durchschnittgeschwindigkeit von 0,4 m. ausgeworfen werden, und gleichzeitig der mittlere Werth der Seitenspannungen 110 mm. Quecksilber oder 110 × 13,5 = 1485 mm. also rund $1\frac{1}{2}$ Meter Steighöhe des Blutes durch den Druck beträgt, so erhalten wir als Arbeit eines Herzschlages 0,175 × 1,9 = 0,3325 Kilogramm Meter; demnach überwindet das Herz, 70 Schläge in der Minute vorausgesetzt, stündlich mindestens einen Widerstand von $1396\frac{1}{2}$ Kilogramm durch die Strecke eines Meter. — Wahrscheinlich würde ein besser begründeter Kalkül zu einem höheren Werth führen, aber schon der obige, nur Einer der zahlreichen inneren Leistungen entsprechend, verräth deren hohe Bedeutung auch in rein mechanischem Sinne. — (Tagesarbeit des Herzens nach Wundt = 60000 kgr.m. (?)). — Die Rechnungen sind nur Ueberschläge mit absichtlich vereinfachten Unterstellungen.

4. Pathologisch-therapeutischer Einfluss der Schwere.

§. 116. Während des normalen Lebens ist durch die Spannkraft der Gewebe und vermittels periodischer Bewegungsacte an allen Stellen, wo der niederziehende oder senkende Einfluss der Schwere sich geltend machen kann, dafür gesorgt, dass dadurch keine bleibende Störung in die Kette der organischen Ereignisse eingeführt, sondern eher eine naturgemässe physiologische Tendenz gefördert wird. Letzteres ist allerdings nur selten möglich, wie hinsichtlich der Ansammlung des Harnes und Kothes in der Nähe der Entleerungsöffnungen, des Hinabgleitens verschluckter fester und flüssiger Körper, der Festigung bestimmter Stellungen durch den Gewichtdruck der Leibesmassen gegen den Boden, der wohl unterstützten Lage parenchymatöser Höhleninhalte. Mindestens ebenso oft wird die Schwere einer physiologisch richtigen und nutzbaren Bewegung und Anordnung von Theilen entgegenwirken, welche in ihrem Molekularzustand oder in der Befestigung keinen hinreichenden Schutz gegen jenen tellurischen Einfluss finden, was in der Regel nur bei Flüssigkeiten der Fall sein wird. So erfordert die Rückkehr des Blutes aus den unteren Körperregionen zum Herzen in vielen und weiten Zweigen des Kreislaufes und des Lymphsystemes ausser einer mächtigen Triebkraft zur Sicherung gegen jegliche Gefahr einer anomalen Strömung ventilartige Klappen, welche nur den regelrechten Gang der Flüssigkeit gestatten.

Ob und in wie weit eine Aenderung der Gliederstellung den Gravitationseinfluss im Kreislauf modificiren kann, ist von C. Ludwig nach folgendem Schema (Fig. 7) besprochen und entschieden worden. Kommt die Röhrenschlinge a b c, welche einen beliebigen aus Arterien, Capillaren und Venen bestehenden Abschnitt

Fig. 7.

des Gefässsystemes bedeuten kann, in die Lage a b_1c_1, so ist allerdings bei b_1 ein vorher nicht vorhandener Druckwerth a d eingeführt worden, aber derselbe kommt ebenso dem Schenkel a b_1 als b_1c_1 zu gut und kann daher weder eine Bewegung erzeugen, noch abändern, vorausgesetzt, dass die Röhrenwände unnachgiebig sind. Da dies nun in den Blutgefässen nicht der Fall ist, so macht sich der Ueberschuss des Druckes a d in der zweiten Lage bei b_1, in der ersten a e bei a und e in der Erweiterung der betreffenden Röhrenstellen merklich. Sobald indess diese soweit gediehen ist, als es den elastischen Verhältnissen der Wand und den übrigen mechanischen Bedingungen der Falles entspricht, kann von keiner ferneren Beeinflussung der Stromes durch die Schwere die Rede sein.

§. 117. Nach der praktischen Seite unsres Gegenstandes ist von Guy der Einfluss der, ihrerseits wohl nur durch gravitirende Momente wirksamen, Körperstellung auf den Puls zur Beobachtung gezogen worden. Als Mittelzahlen fand er an gesunden Männern mittleren Alters im Stehen: 89,26 Sitzen: 81,98 Liegen: 80,24 Schläge in der Minute, woraus der moderirende Einfluss einer möglichst vielseitigen und vollkommenen Unterstützung des ganzen Körpers wie der Strömungsbahnen hinlänglich in die Augen springt. Der Unterschied der Pulszahlen bei stehendem und liegendem Körper zu positiven Gunsten des ersteren Falles soll mindestens 4, höchstens, gewiss sehr selten 44, im Allgemeinen aber $^1/_{12}$ der gegebenen Häufigkeit des Pulses betragen, bei hohen Graden dieser also merklicher sein, beim Mann fast doppelt so stark als am Weibe, bei Erwachsenen dreimal so gross, als an Kindern hervortreten, in der Lungenphthise aber fast ganz fehlen. Sonst ist in dieser Hinsicht bekannt, dass ein schlaffes senkrechtes Herabhängen der Arme die Pulszahl um 2 bis 18 steigern kann, und dass dieselbe durch anhaltende Abwärtsbeugung des Kopfes eine Abnahme erfährt.

§. 118. In pathologischen Fällen, namentlich entzündlicher Art, wird in der den congestionirten Organen gegenüber sicher nicht

gleichgiltigen örtlichen Blutvertheilung die Schwere eine Rolle spielen, welche sich durch entsprechende Lagerung zum Vortheil des Kranken gestalten lässt, zuweilen aber unangreifbar und unabänderlich zu verhängnissvollen Zuständen Anlass gibt. Im ersteren Sinne ist eine verhältnissmässig hohe Lage localer Entzündungsheerde, des vom Blutzudrang gefährdeten Kopfes oder der an Panaritien leidenden Finger zu betonen, vielleicht auch Biagini's angebliche Heilung eines Leistenbruches durch anhaltende Horizontallagerung (welche, in schweren Krankheiten von der Noth selbst vorgeschrieben, nach Schlegel jede Rückbildung chronischer Entartungen begünstigt) und Vegrier's Vorschlag der Blutstillung durch Emporhebung der Arme herbeizuziehen, wodurch die Triebkraft des zum Kopfe steigenden Blutes auf die Hälfte vermindert und die andre Hälfte zur Erhaltung der arteriellen Strömung in den ungewöhnlich situirten Armen verbraucht werde. — In zweiter Linie fand Basedow beim horizontalen Liegen Zahnweh, Nasenschwellung, Husten vermehrt, Moseley warnt unter gleicher Bedingung vor der dem Gehirne drohenden Blutanhäufung, und erinnert an Piorry's hypostatische Pneumonie als Senkungsphänomen gravitirender Flüssigkeiten. — Schnelle Veränderungen in der Lage des Schwerpunktes, namentlich des von der Cerebralflüssigkeit in schwimmendem Gleichgewicht gehaltenen Gehirnes führen vielleicht zu jenen schwindelhaften Sensationen, welche in der Seekrankheit ihren stärksten Ausdruck finden. —

Den Einfluss der Schwere auf die Veränderungen an Leichen hat Maschka verfolgt. Aus der naturgemässen Senkung der schweren Flüssigkeiten in dem meist horizontal gelagerten Körper erklärt sich die Erblassung der höheren Theile und die überwiegende Erscheinung der aus der Zersetzung stagnirender Massen und der Infiltration des erschlafften Gewebes entstehenden Todtenflecken an den abhängigen und tiefen Stellen des Leibes. Vornehmlich fällt hier in's Gewicht, dass durch die an der Leiche bald höchst permeabel werdenden Gefässwände der Blutfarbstoff nach den einfachen Gesetzen der Schwere sich verbreitet, deren Folgen bloss durch die Capillarität locale Modificationen erleiden. — Ueberraschende Formveränderungen der Leiche können noch spät hervorgerufen werden von der durch postmortale Gasentwicklung veranlassten Veränderung interner Massenvertheilungen. —

§. 119. Von directen Angriffen auf innere oder äussere Organe, bei denen ersichtlich in erster Linie auf die Schwere in Form von Druck oder Zug gerechnet ist, kennt die Therapie mehrere Beispiele, deren kurze Anführung hier genügen wird.

Bonati heilte convolvulus auf mechanischem Wege, indem er

zuvor eine Saugpumpe mit konischer Röhre am After applicirte und dann anderthalb Unzen Quecksilber, was später von Andren bis 12 Unzen gesteigert worden sein soll, durch den Darm laufen liess. Wenn unter der Voraussetzung, dass der Angriff an der Seite möglich ist, von welcher aus der Blindsack der Darmschlinge erreicht werden kann, vielleicht auf eine gewaltsame Umstülpung der anomal verschobenen Theile in günstiger Richtung gehofft werden darf, so ist dieselbe doch von zu vielen Gefahren einer anderweitigen Schädigung der Gesundheit umringt, als dass dem jedenfalls etwas rauhen Verfahren ein zweifelloser Werth beizulegen wäre. — Mehr mag letzteres der Fall sein gegenüber dem von de Vigo schon im Anfang des sechzehnten Jahrhunderts empfohlenen, von einer Autorität wie Dupuytren indess angeblich nicht sehr geschätzten Druck auf Aneurismen, wozu 1852 Gross besondre mechanische Apparate in Vorschlag brachte, welcher auch bei Geschwülsten zur Resorption und Vertheilung gute Dienste leistet, in nervösen Leiden aber, deren einzelne, gewiss seltene Formen Hugh Ley als Folgen mechanischer Reize unter Verminderung örtlicher Pressungen und Spannungen herleitet, wenigstens vorübergehend den Schmerz lindert.

Hieher gehört auch das in Finnland und wohl auch anderwärts als längst bekanntes Volksmittel geübte Streichen und Kneten von Muskelcontracturen oder Gelenkverstauchungen. Neben der unmittelbaren Richtigstellung der betroffenen Stücke durch eine locale passive Gymnastik erscheint von hohem Werthe die Erweckung und Beförderung der Blutcirculation und Säftebewegung überhaupt, wodurch die Aufsaugung der Exsudate beschleunigt, also die Rückkehr des Gliedes zur Norm des Umfanges, der Lage und der Beweglichkeit begünstigt wird.

Wenn hier, wie noch mehr bei den günstigen Einflüssen einer activen Gymnastik, welche, ausser den speciellen Indicationen von Ling's schwedischer Kinesitherapie mit ihren sprachlich entsetzlichen Formeln des „Ruhschenkelgegenwendknickstandes" zu orthopädischen Zwecken, oder der „Quermagenwalkung" bei Indigestionen, und mit ihrem an sich beachtenswerthen Princip der halb aktiven, halb passiven, vom gymnastischen Motor systematisch geleiteten Muskelbewegungen, ebensosehr direct die Bedingungen der Muskelthätigkeit verbessert, als die Athemhäufigkeit, die Weite der Brust, die Energie des Stoffwechsels steigert, nur mittelbar wegen ihres Zusammenhanges mit allen mechanischen Acten von der Schwere die Rede sein kann, tritt sie endlich auf dem chirurgischen Felde der Extensionen in handgreifliche Wirksamkeit.

In Mojsisowics Aequilibrirungsverfahren bei Beinbrüchen (1842) ist ein über eine feste Rolle laufendes Band einerseits an passender Stelle des kranken Gliedes befestigt, anderseits mit

einem Gewicht belastet, gross genug um jenes zu strecken. Dadurch wird sowohl der Druck als das unwillkürliche den ruhigen Heilungsprocess störende Spiel der Muskeln aufgehoben oder unschädlich gemacht, der etwaigen Verkürzung des Beines möglichst vorgebeugt und die Reinigung der des Verbandes bedürftigen Theile erleichtert. — In sehr ausgedehnter Weise hat Volkmann in Halle die Extensionsgewichte methodisch zu chirurgischen Zwecken benützt; er bewerkstelligt die Befestigung der Trägerschlinge am kranken Fuss mit Heftpflasterstreifen, weil der früher in Anwendung gewesene Gipsstiefel bald abwärts rutsche und den Knöchel drücke. Schoemaker bestreitet dies, falls nur derselbe hoch genug über die Wade hinaufreiche, am besten sogar über's Knie, wenn ein Angriff auf das Becken beabsichtigt wird. Ob hier die Gelenkflächen auseinanderweichen und der intraartikulare Druck vermindert werde, hält dieser Forscher unter dem geringen Zuggewicht von 10—20 Pfund für höchst unwahrscheinlich, zumal im Hinblick auf die Macht des dem Schenkelkopf in der Beckenpfanne zu gut kommenden Luftdruckes und der mindestens 500 Pfund betragenden Tragkraft des Bertinischen Bandes. Vielmehr hat schon Bonnet nachgewiesen, dass die Capacität des Hüftgelenkes bei mässiger Beugung des Oberschenkel grösser ist, als bei dessen Streckung; demnach nimmt bei der Gewichtsdistraction, welche letztere hervorruft, der innere Gelenkdruck eher zu, als ab, was vermuthlich gerade im therapeutischen Sinne vortheilhaft wirkt. Dagegen kann allerdings in vielen Fällen, wie bei Coxitis der abnorme Druck des Schenkelknochen auf den Pfannenrand ermässigt und daher sowohl der Schmerz als die Ulceration der beleidigten Stellen gehoben werden. — Aehnlich verhält es sich wohl auch mit den angeblichen und wirklichen Vortheilen der Gewichtextension an andren Gelenken. —

In mittelbarem Sinne gehört hieher auch der mehr diätetische als therapeutische Einfluss der activen, passiven oder gemischten Bewegungen des Körpers und seiner Theile. Die allgemeinen Wirkungen der ersteren vornehmlich, deren Energie die der beiden andren ebenso übertrifft, wie die Kraft der Gesundheit den erregten und doch geschwächten Stand der Krankheit, bestehen in Beschleunigung der Blutbewegung zuvörderst in den meist angestrengten Muskeln, dann in nothwendiger Rückwirkung im ganzen Leibe, Vermehrung des Pulses und der Athmung, Steigerung der Wärmebildung, welche nach Beaumont selbst im Magen stattfindet und von Breschet und Becquerel zu 0,5° C bestimmt wurde, Erhöhung der Kohlensäure-Ausscheidung und der Hautperspiration, dagegen Verminderung des Harnes und Schleimes, welche beide reicher an festen Bestandtheilen werden. Die Beruhigung nervöser Aufregung und die Erholung von geistigen Anstrengungen ist aus der Ablenkung der

Aufmerksamkeit und aus der antagonistischen Beziehung psychischer und somatischer Arbeit leicht erklärlich, steht indess bereits hart an der Grenze physikalischer Einflüsse und ihrer Consequenzen. — Der Grad der motorischen Zumuthung an den Körper muss natürlich in genauem Verhältniss zu seinem Kräftestand stehen, indem nur dann auf einen restauratorischen Effect zu rechnen ist, während ebenso wie an der einen Seite der vollständigen Uebungslosigkeit der Bewegungsorgane allmälig habituelle Schwäche und Atrophie sich zugesellen, auf der andren Seite Uebermüdung zu bedenklichen Erschöpfungszuständen, ja in den contraindicirenden Fällen von Herzfehlern apoplektischem Habitus und Geneigtheit zu grösseren Blutungen zum Tode führen kann.

Die Beschleunigung im Tempo des Ganges oder Laufes und die Erschwerung der Aufgabe durch die jeden Augenblick wiederholte Nothwendigkeit der Hebung des Körperschwerpunktes in vertikaler Richtung bei dem eine wirkliche mechanische Arbeit involvirenden Bergsteigen erhöhen die directen und secundären Folgen der Bewegung auf einen Grad, welcher wohl immer ausserhalb vernünftiger therapeutischer Grenzen liegt. Diätetisch unter Einbezug der Nebenwirkungen käme höchstens als kräftigend das Schlittschuhlaufen in Betracht —

Die passive Bewegung im Fahren, die gemischte im Rudern, mit all ihren Nebenarten, von denen einige der Genesung, andere dem Luxus oder dem gesellschaftlichen Genuss diensam sind, kann uns hier in ihrem theils sehr einfachen, theils ziemlich complicirtem Mechanismus nicht weiter beschäftigen.

5. Die Schwere in der Pflanzenphysiologie.

§. 120. Das Leben der Pflanze liegt zum Theil in beständigem Kampfe mit der Schwere, welche festen und flüssigen Molekülen Bewegungen und Lagen zu ertheilen trachtet, welche oft nicht im Sinne des Vegetationsprocesses liegen. Werden diese Einflüsse nun auch, so weit als nöthig, durch Capillarität, Diosmose, Wärmeunterschiede, Elasticität der pflanzlichen Gewebe u. s. f. unschädlich gemacht, so verschwindet eine bestimmte Resultante derselben doch niemals gänzlich am Pflanzenkörper, dessen Organstellungen stets eine mehr oder weniger klare Beziehung zur Gravitationsrichtung zeigen. Nachdem in dieser Hinsicht du Hamel auf die überwiegende Bildung von Wurzeln an abwärts, von Knospen an aufwärts gewendeten Theilen hingewiesen, und de la Hire das Streben der ersteren gegen die Tiefen und den Mittelpunkt der Erde aus dem Gewicht des sie erfüllenden Nahrungssaftes erklärt hatte, wurde, bei aller Anerkennung von Knight's Rotationsversuchen, die Angelegenheit erst

wieder namhaft durch Hofmeister's Nachweis gefördert, dass die zeitliche und räumliche Vertheilung der Unterschiede der Gewebespannungen in den sich entwickelnden Organen vorherrschend es bestimmt, ob der Einfluss der Schwere im einen oder andren Sinne zur Geltung kommt. Spannungslose weiche Zellgewebe, deren desfallsige passive Eigenschaften von der im Innern des Bodens herrschenden Finsterniss begünstigt werden, folgen um so entschiedener dem nach Unten drängenden Einfluss der Schwere, als ein etwaiges Aufwärtsstreben den Druck der festen Erdschichten überwinden müsste. Dagegen vermag die vom Lichte geförderte Elasticität der vornehmlich in den inneren Zellhautlagen vorfindlichen Schwellkörper die Pflanzentheile im Allgemeinen parallel der Wachsthumsachse aufwärts zu drängen.

Gleichartige Gewächse schlagen in jeder geographischen Lage und unter allen, nur überhaupt ein freies Wachsthum gestattenden Verhältnissen bezüglich der Anordnung ihrer Glieder stets eine bestimmte Hauptneigung gegen die Horizontalebene ein, welche von der Schwere und den Elasticitätsunterschieden der diese oder jene Seite begrenzenden Epidermisschichten, also da jene für constant gelten kann, durch interne Eigenschaften der betheiligten Organe bedingt wird.

Die bestimmte Richtung, welche von einzelnen, einem deutlichen Vegetationszweck dienenden Pflanzenstücken im Verlauf ihrer Entwicklung, so viel als möglich auch unter störenden oder ungewöhnlichen Umständen eingehalten zu werden pflegt, wie denn z. B. horizontal vergrabene Weidenzweige bloss nach Unten Wurzeln treiben, kann insofern mit der Schwere in Zusammenhang gebracht werden, als diese direct oder in Wechselwirkung mit heliotropischen Einflüssen, welche unter Anderm die jungen Stammtheile des Epheu emporheben, den Gestaltungsvorgängen bei der Zellbildung einen specifischen Character aufprägt, der sich sowohl in der Entfaltungsrichtung, als im physiologischen Zweck des werdenden Organes ausspricht und für die Wurzeltheile wohl grossentheils durch die gravitirende Senkung des pflanzlichen Wassergehaltes mitbegründet wird.

6. Mechanik der Flüssigkeiten.

A. Die Strömung.

§. 121. Flüssigkeiten bewegen sich, wenn ihnen ein Abfluss zu tieferen Orten gestattet ist, wobei die Schwere die bewegende Kraft ist und die Geschwindigkeit vom Gefäll abhängt, d. i. dem vertikalen Höhenunterschied zweier verglichener Punkte des Strombettes, oder wenn an einer Stelle gesaugt wird, so dass anderseits

der Luftdruck für Nachfluss sorgt, oder wenn ein Druck ausgeübt wird, welcher die Flüssigkeiten vor sich hertreibt.

Im dritten Falle finden sich die Flüssigkeitsströmungen im Innern des Organismus, für welche die zweite Wirkungsart nur secundär, und die erste abgesehen von völlig localen Ereignissen wohl gar nicht in Ansatz kommt. Der physiologische Verlauf der Strömung durch Arterien, Capillaren und Venen zum Ausgangspunkt und Sitz der Triebkraft, dem Herzen zurückkehrend, ist bekannt und gibt nur für wenige besondre Momente zur physikalischen Besprechung Anlass.

§. 122. In einer von starren Wänden umschlossenen Bahn geht eine irgendwie in Bewegung gesetzte Flüssigkeit so dahin, dass die Bewegungsform zugleich eine fortschreitende Beförderung ihrer Massentheilchen ist.

Man kann die Kraft, welche die Bewegung veranlasst und unterhält, allemal in der Höhe einer am Anfang der Bahn befindlichen Drucksäule vorstellen und durch ebensolche die mechanischen Verhältnisse an einem beliebigen Punkt der bewegten Flüssigkeit wiedergeben.

Die Geschwindigkeit der Strömung hängt von der Quadratwurzel der Druckhöhe ab; soll also jene auf einem bestimmten Werthe bleiben, so darf auch diese oder die ihr äquivalente Kraft keinen oder nur schwachen und kurzen Schwankungen unterworfen sein. Unter normalen Umständen ist Letzteres auf dem organischen Schauplatz der in Frage stehenden Bewegungen annähernd der Fall, so dass für dieselben im Allgemeinen die Gesetze der Hydrodynamik Giltigkeit haben.

Bei gleichbleibendem Querschnitt besteht kein Grund zur Geschwindigkeitsänderung an irgend einem Punkte, so dass diese für mehrere, ja alle Querschnitte einer der ganzen Länge nach unter den nämlichen Strömungsbedingungen stehenden Röhre von gleichem Werthe ist, im nämlichen Querschnitt aber mit allmäligen Abstufungen vom Centralachsenfaden durch die einander einhüllenden Cylindermäntel bis zur gänzlich stagnirenden Wandschicht abnimmt. Dies ist allerdings nicht nothwendig im Wesen der Flüssigkeit und ihrer Bewegung begründet, sondern hängt von ihren adhäsiven Beziehungen zur Substanz der Röhre ab, ist aber ein so gewöhnliches Ereigniss und namentlich bei den betreffenden organischen Vorgängen so unvermeidlich, dass wir die zu den peripherischen Verzögerungen führende innere Reibung der Flüssigkeiten wohl mit Recht hier in Erwägung gezogen haben. Wo immer es zu solchen Bewegungszuständen gekommen ist, wird der von Fick hervorgehobene Satz, dass die Strömung aller Flüssigkeitstheilchen der Röhren-

achse parallel geschieht, seine principielle Bedeutung verlieren, weil nach dem theoretisch wie empirisch gleich gut begründeten Satze, dass der Seitendruck der ruhenden Flüssigkeit grösser ist, als derjenige der bewegten, das experimentelle Resultat von Ludwig und Stefan, dass in den peripherischen Schichten ein grösserer Seitendruck herrsche, wie in den centralen, als richtig erscheint. Der erste hiefür beigebrachte Beweis, dass nämlich in einem Manometer, dessen dem Strom zugekehrte Mündung senkrecht gegen die Richtung desselben steht, und welches man von der Gefässwand gegen die Stromachse allmälig einschiebt, der Druck erheblich sinkt, ist nicht gegen den Einwand gesichert, dass die Einbringung des Messungsinstrumentes ins Gefäss die mechanischen Verhältnisse von dessen Inhalt stören und mit der Norm unvergleichbar machen muss, aber desto überzeugender ist ein andrer Versuch, den ich von Ludwig's eigener Hand im physiologischen Laboratorium in Leipzig ausgeführt sah, bei welchem durch einen senkrecht zur Gefässachse eingeschalteten Röhrenbogen, dessen entgegengesetzte Mündungen beziehungsweise an einer peripherischen und einer centralen Stelle des Blutstromes stehen, ein Wasserfaden vom ersteren zum letzteren Ende gedrängt wird. — Der besagte Druckunterschied scheint mit der mittleren Geschwindigkeit zu wachsen und in der Nähe der Wand verhältnissmässig rasch abzufallen, für die ganze Strecke der Strombahn aber gleich zu bleiben.

Ob in der Blutbahn selbst eine Seitwärtsbewegung der Flüssigkeitsmolekel von Orten höheren zu solchen niedrigeren Druckes stattfindet, was allerdings eine unmittelbare Consequenz der behaupteten differenten Druckvertheilung wäre ist zweifelhaft, denn sie wird sich zur Führung eines experimentalen Beweises schwerlich klar und rein genug aus den schon aus andren Ursachen höchst verwickelten, von den Bluttheilchen beschriebenen Kurven herausfinden lassen, erscheint indess theoretisch wie factisch ebensowenig unmöglich, als nothwendig, weil in letzterer Hinsicht angenommen werden kann, dass der überschüssige Seitendruck in Wärme der geriebenen Flüssigkeit umgewandelt wird.

Je weiter wir vom Anfangspunkt gegen das Ende der Strombahn vorschreiten, desto mehr des dort verfügbaren Druckes ist zur stetigen Bekämpfung der Bewegungshindernisse verbraucht worden, desto weniger davon kann demnach als messbare Grösse zur Anschauung kommen. So nimmt denn der Wandseitendruck mit dem Abstand von der primären und höchsten Drucksäule in einfachem verkehrten Verhältniss ab und stellt in der Neigung der die Spitzen der wandständigen Messungssäulen verbindenden Geraden das Gefäll des Stromes dar. Durch dieses in gerader, und vom Querschnitt

der Röhre in verkehrter Proportion wird die Stromgeschwindigkeit bestimmt.

Aendert sich der Durchmesser der Strombahn sprungweise, so bleibt die Geschwindigkeit in jedem gleichweiten Röhrenstück constant, während der Druck stetig abfällt; in den einzelnen Abtheilungen aber verhalten sich die Geschwindigkeiten den Querschnitten verkehrt proportional, weil durch jeden der letzteren in gleichen Zeiten gleichviel Flüssigkeit gehen soll, was im weiteren Lumen zu einer Verkürzung der verbreiterten, im engeren zu einer Verlängerung der in der Dicke beschränkten Flüssigkeitsäule führen muss. Mit verminderter Geschwindigkeit wird die Reibung geringer, also der auf ihre Ueberwindung verwendete Theil des Druckes kleiner, die messbare Componente desselben mithin grösser. Dies führt zu der durch die Erfahrung bestätigten Folgerung, dass beim Uebergang der Strömung aus einer engeren Röhre in eine weitere die Geschwindigkeit kleiner, der Druck grösser wird, während beim entgegengesetzten Verlauf es sich umgekehrt verhält. — Wenn die Querschnittänderungen sehr allmälig erfolgen, geschehen auch die erwähnten Modificationen der mechanischen Werthe in stetiger Weise.

Die Verzweigung der Strombahn hat Jacobson in ihren Einflüssen untersucht und gefunden, dass, wenn an einer Röhre von beliebigen Dimensionen ein Seitenzweig angesetzt und eröffnet wird, womit natürlich eine dem Querschnitt des letzteren entsprechende Vermehrung der auf die Zeiteinheit fallenden Ausflussmenge eintritt, die Strömung eine auch in der grösseren Gefälldifferenz am Hauptstamm ersichtliche namhafte Steigerung der Geschwindigkeit erfährt, und zwar in ziemlich gleicher Weise, unter welchem Winkel auch der Seitenstrom von der Stammbahn sich abzweigt. Dagegen hängt von letzterem Umstand merkbar die Vertheilung der Flüssigkeit ab, indem von ihr um so mehr durch die Nebenbahn abfliesst, je kleiner der besagte Neigungswinkel ist. — In Zusammenhang damit stehen die Stromalterationen in geknickten Röhren, für welche bei einigermassen hohen Druckwerthen der bewegenden Kraft eine kaum nennenswerthe Verminderung der Bewegungsgrösse beim Uebergang vom einen zum andren Schenkel nachgewiesen werden kann; doch wächst der stets klein bleibende Verlust mit der Grösse des Winkels zwischen beiden Röhrenabtheilungen.

Von Nebeneinflüssen machen sich vornehmlich zwei geltend: die Molekularbeschaffenheit der Flüssigkeit und die Temperatur. In ersterer Hinsicht wird unter sonst gleichen Umständen die Strömung um so rascher von statten gehen, je leichter verschiebbar die Flüssigkeitstheilchen sind, um so träger, je mehr sie sich in ihren gegenseitigen Lagerungs- und Anziehungsverhältnissen derjenigen allbekannten Beschaffenheit nähern, welche man als zäh bezeich-

net. Vermuthlich hängt hiemit die in zweiter Linie zu registrirende Beförderung der Strömung durch Steigerung der Temperatur zusammen, indem die durch letztere bewirkte Verminderung der inneren Reibung keinen andren Sinn haben kann, als dass jene Beweglichkeit der Flüssigkeitstheilchen begünstigt wird, welcher als ein höherer Grad von Fluibilität erscheint. — Für das Blut kann man diese nicht sehr hoch veranschlagen; überhaupt wird dieselbe überall in geringem Grade ausgeprägt erscheinen, wo feinvertheilte kolloidale Substanzen in einer an sich dünnen Flüssigkeit vertheilt sind, während vollkommen gelöste Körper die desfallsigen Eigenschaften des Lösungsmittels kaum beeinträchtigen.

B. Die Wellen.

§. 123. Ausser einer materiellen Weiterbewegung der Flüssigkeitstheilchen gibt es eine Fortpflanzung der Bewegungsform, welche unter an sich geringfügiger localer Verschiebung der Partikel zu bedeutenden Effecten führen kann. Diese Bewegungsform wird im Allgemeinen als eine Schwingung oder Welle bezeichnet. Sie erscheint rein als solche oder mit der Strömung verbunden, letzteres auf dem organischen Schauplatz des Blutkreislaufes, welchen ich indess der Physiologie überlasse, mich beschränkend auf allgemeine physikalische Betrachtung des auch ihn einschliessenden Sachverhaltes.

Zur Entstehung einer Welle wird zweierlei vorausgesetzt, einmal eine Reihe von Punkten, welche in einem solchen Verbindungs- und Abhängigkeitsverhältniss stehen, dass sie ihre mechanischen Zustände sich gegenseitig mittheilen, dann irgend ein Einfluss, welcher das Gleichgewicht in Störungen mit periodischem Ablauf versetzt. Diese Bedingungen sind in jeglichem Aggregatzustand, und besonders sowohl am Blute, als an den Gefässwänden so vollständig erfüllbar, dass die Möglichkeit der Wellenbildung als eine weit verbreitete und namentlich an organischen Einrichtungen wohl gesicherte erscheint. Ein drittes, jedoch rein formales Moment ist überall von unbestrittener Giltigkeit, dass nämlich jede Bewegung Zeit zur Mittheilung oder Fortpflanzung braucht, demnach die hintereinander liegenden Punkte nur successive in gleichartige Zustände gerathen. Die Strecke nun, auf welcher momentan sämmtliche Theilchen in verschiedenartigen Oscillationsphasen sich befinden, die Strecke vom ersten, das eben mit einer vollen Schwingung fertig geworden, bis zu demjenigen, das im betreffenden Augenblick den gleichen Bewegungscyclus beginnt, stellt eine ganze Welle oder deren Länge dar, deren Eigenschaften, wie auch die besondre Form beschaffen sein mag, von durchaus allgemeiner Bedeutung sind.

§. 124. Im Allgemeinen sowohl, als hinsichtlich der Wellenbewegung in elastischen Röhren sind die Untersuchungen von E. H. und W. E. Weber so entscheidend gewesen, dass man ihrer Darstellung und Beweisführung theoretisch wie praktisch kaum etwas zufügen, sondern nur folgen kann. Dies ist auch fast von Allen, welche dieser Aufgabe zu wiederholter Lösung gegenübertraten, so häufig und meist mit so glücklichem Erfolg geschehen, dass die rein physikalischen Resultate als bekannt vorausgesetzt und nur in ihrer Anwendung auf specielle Fälle innerhalb des Organismus erwähnt werden sollen.

Die Wellenbildung an einem mit Flüssigkeit erfüllten elastischen Schlauch geschieht derartig, dass zuvörderst in ein Anfangstück desselben ein Flüssigkeitsquantum durch eine von Aussen her wirksame Kraft (Contraction des Herzens) hineingepresst wird, dessen Volumen den geometrischen Inhalt des im gegebenen Augenblick verfügbaren Lumen überschreitet. Da die Flüssigkeit selbst fast vollkommen incompressibel ist, kann das momentane Missverhältniss nur so zur Ausgleichung kommen, dass die Wände des Schlauches auswärts gewölbt werden. Hiedurch nimmt aber die Spannung der Moleküle so zu, dass alsbald der Ausdehnung eine Zusammenziehung durch die elastische Bestrebsamkeit zum früheren Zustand zurück folgt. Ist durch irgend eine Veranstaltung dafür gesorgt, dass die einmal in die Röhre eingetretene Flüssigkeit nicht rückwärts ausweichen kann, so befördert sie der elastische Druck in einen benachbarten Schlauchabschnitt, welcher nun aus denselben Gründen eine auf- wie aus-einander folgende Erweiterung und Contraction erfährt. Indem sich längs dem ganzen Schlauche oder einem zusammenhängenden Systeme solcher die beschriebenen Acte wiederholen, durchläuft die elastischen Wände eine Welle und schreitet gleichzeitig die mit ihrer successiven Uebertragung beschäftigte Flüssigkeit als eine Art Transmissionsberg im Raume fort, welcher ohne Hinzutritt einer neuen Ursache zu keiner Thalwelle hinter sich Anlass gibt.

Die ursprüngliche Spannung der Schlauchwand äussert bloss insofern einen an sich geringen Einfluss, dass sie zunehmend den Wellenfortgang ein wenig verlangsamt, und bei hochgradiger Ausbildung die Schwingungen bald dämpft.

Sowohl die Länge oder Kürze der bereits durchlaufenen Wegstrecke, als der grössere oder kleinere Werth der Anfangs mitgetheilten lebendigen Kraft ist merklich einflusslos auf die Geschwindigkeit der Wellenfortschreitung, welche im Uebrigen unter sonst gleichen Umständen für Berg- wie Thalwellen nahehin gleich erscheint.

Diese empirischen Gesetze schlagen durchweg in ihr Gegentheil um, wenn die Welle in Röhren dahingeht, deren Wände mit Falten

und geschlängelten Fasern ausgestattet sind, wie am Darm. Hier schreiten die Bergwellen weitaus am schnellsten fort und werden in ihrer Geschwindigkeit vermehrt durch die Spannung der Wände, die übertragene lebendige Kraft, die Kürze des schon überwundenen Weges. Ueberdies nehmen sie im Verlauf allmälig an Länge zu, und werden, auch ohne unmittelbaren Anlass, regelmässig von einer schwächeren Thalwelle gefolgt.

§. 125. Während im Falle der ausschliesslichen Herrschaft einer Wellenbewegung oder Schwingung innerhalb einer Flüssigkeit die einzelnen Theilchen der letzteren in geschlossenen Kurven, vom Kreise durch verschieden gestreckte Ellipsen bis zur Geraden, hin- und hergehen, öffnen sich diese unter einseitiger Uebergreifung des einen Bogenstückes, wenn mit der Welle eine Fortschreitung der Massen verbunden ist, weil dann jedes Molekül einen im Sinne der letzteren vorgeschobenen Punkt am Ende einer Schwingung erreichen muss. — Ob die Richtung des so ins Leben gerufenen Stromes mit der Fortpflanzung der Wellenform übereinstimmend oder entgegengesetzt ist, hängt davon ab, ob der Berg- oder der Thal-Bogen eine grössere räumliche Erstreckung hat. Man sieht dies aus Fig. 8., wo eine positive, Berg- oder Druckwelle, und

Fig. 8.

aus Fig. 9., wo eine negative, Thal- oder Saugwelle den Ton

Fig. 9.

angibt, während Fig. 10. die Entstehungsform einer reinen Welle erläutert. —

§. 126. Im Blutkreislauf haben wir es mit einem doppelten Wellensystem und einer einfachen Strömung zu thun,

Fig. 10.

welch' letztere von jenen beiden in gleichem Sinne unterhalten wird, indem eine starke positive Druckwelle vom linken Ventrikel bis zu den letzten und feinsten Arterien an der diesseitigen Grenze der Haargefässe vorschreitet, eine negative Thalwelle aber durch die Saugkraft des rechten Vorhofes wenigstens in den centralen Partien des venösen Systemes zur Erscheinung gebracht wird. Im peripherischen Theile des letzteren, sowie in den Capillaren macht sich von beiden Seiten her kein unmittelbarer Einfluss der Wellenerregung mehr geltend, sondern es findet hier als deren weitere Folge unter Mitwirkung der Trägheit der bewegten Flüssigkeit eine constante Strömung statt, deren Emancipirung von den Intermittenzen der Schwingungen nahe am Herzen und den Remittenzen des arteriellen Blutlaufes ferner davon zweifellos zu den mechanischen Momenten zählt, welche die Gleichförmigkeit und Stetigkeit des organischen Stoffwechsels verbürgen.

§. 127. Die physikalische Grundlage eines bald überschätzten, bald missachteten, keinesfalls indess ganz bedeutungslosen diagnostischen Zeichens, des Pulses, ist in der oben erwähnten positiven Blutwelle gegeben, deren genaue Verfolgung mittels Marey's Sphygmograph (1863) am besten ermöglicht wird. Eine kleine Platte an einem leicht beweglichen Arme spielt auf einer grösseren oberflächlichen Arterie und überträgt deren periodische Schwingungszustände auf einen einarmigen Hebel; während dieser nah an seinem Drehpunkt von dem auf jener Pelotte sitzenden vertikalen Stachel angegriffen wird, beschreibt sein verhältnissmässig weit entferntes freies Ende auf einem vorbeigeführten Papierstreifen Kurven, welche als unmittelbare Abbildungen der Pulsformen gelten können. — Im Allgemeinen erscheint jede von diesen, sofern sie überhaupt noch dem Kreise vitaler Phänomene angehört, als ein System von Wellenbergen und Thälern, welche in mehr oder weniger klarer und bestimmter Periodicität aufeinander folgen. Im Einzelnen aber werden hauptsächlich folgende Eigenthümlichkeiten objectiv festgestellt.

Grosse, regelmässig ausgebildete, gleichförmig an- und absteigende Wellen entsprechen dem vollen Pulse der ärztlichen Sprache, wenig ergiebige Kurvenzüge dem schwachen; seine Härte oder Weichheit kann sich in den zugespitzten oder abgerundeten Schei-

teln der Ausbeugungen verrathen; wichtiger noch ist, wie die maxima und minima der letzteren erreicht werden. Das rasche oder allmälige, das plötzliche oder absatzweise Anschwellen und Absinken der Pulswelle gelangt im Kurvenbild ebenso zur directen Anschauung wie die berüchtigte Doppelschlägigkeit, bei welcher, meist in der Abfallperiode, die Hauptoscillation eine schwächere Wiederholung erfährt, und für deren Entstehungsmodus von physikalischer Seite beigebracht wird, dass irgendwo stromabwärts angehäufte Widerstände und eine grosse Schwäche der arteriellen Wandspannung sie begünstigen. Die wahre Ursache des pulsus dicrotus, welcher eine (an Thieren sehr häufige) positive Ausnahme der Regel darstellt, dass die Anzahl der arteriellen Pulse derjenigen der Herzschläge gleich sei, lässt sich gegebenen Falles am lebenden Organismus nicht leicht ausfindig machen, und ist selbst die physikalischerseits noch am plausibelsten erscheinende Vermuthung Volkmann's, dass es sich um Interferenzen zweier verschieden schnell ablaufender Wellenzüge handle, deren einer in der Flüssigkeit, der andre in der Röhrenwand fortgepflanzt werde, keines thatsächlichen Nachweises fähig. Dagegen ergibt nach Ludwig das vereinfachte Experiment, dass die Reflexion der Wellenberge an einem internen Widerstand, eine namhafte, doch nicht einer gewissen Periodicität ermangelnde Ungleichförmigkeit der Einströmung und die elastische Nachwirkung der sehr plötzlich übermässig ausgedehnten Schlauchwände die Doppelschlägigkeit in der oscillatorischen Strömung hervorrufen.

C. Der Gewichtverlust im Wasser.

§. 128. Da der menschliche Körper ein die Dichte des Wassers nur wenig übersteigendes specifisches Gewicht besitzt, verliert er in jenem den grössten Theil seiner Schwere, d. h. er verdrängt bei passender ruhiger Lage und möglichst erweitertem Brustkorb in der Regel so viel Wasser, dass dessen Gewicht demjenigen des Leibes gleicht, dieser also leicht und sicher genug schwimmen kann, um die erfahrungsmässige Schwierigkeit dieses Actes fast unbegreiflich erscheinen zu lassen, wenn man nicht in Erwägung zöge, dass ganz abgesehen von den mehr zufälligen Einflüssen einer schweren durchnässten Kleidung, Störungen des Athmungsrhythmus und unzweckmässige, zum Theil reflectorische Bewegungen dem Schwerpunkt des Körpers solch bedenkliche Lageveränderungen aufdrängen können, dass zur Erhaltung einer zweckentsprechenden Situation allerdings regelrechte Bewegungen der Extremitäten nothwendig erscheinen. — Die Resultante der mit Händen und Füssen gegen das Wasser ausgeführten Stösse fällt in die Längsachse des Leibes als Summe der Diagonalen eines vor und hinter dem Schwerpunkt liegenden Kräfteparallelogrammes, wenigstens soweit es sich um die horizontale Fortbewegung

des Schwimmenden handelt, während in der Hauptsache vertikal gerichtete Anstrengungen dafür sorgen, dass der nur bei der Rückenlage unter denjenigen der verdrängten Wassermasse fallende Schwerpunkt nach allen Schwankungen in eine das labile Gleichgewicht verbürgende Lage zurückgeführt wird.

§. 129. Variationen im specifischen Gewichte eines Körpers gestatten sein mehr oder weniger tiefes Einsinken im Wasser. Am cartesianischen Teufelchen bewerkstelligt man dies durch periodisches Einpressen von Wasser in einen theilweise von Luft gefüllten Hohlraum. Eine natürliche derartige Einrichtung besitzt der Fisch in der Schwimmblase, welche bei Erschlaffung der zugehörigen Muskulatur unter Vermehrung des Volumens und Verminderung des specifischen Gewichts des hiemit emporsteigenden Fischleibes sich erweitern soll, während im gegentheiligen Falle sie einer nur bis zu gewisser Grenze zulässigen Compression ausgesetzt werde. Zuerst ist die Ansicht von der hydrostatischen Rolle der Schwimmblase im zehnten Bande der philosophical transaction vom Jahre 1675 von einem wie es scheint Ungenannten und Unbekannten ausgesprochen worden, nachdem zuvor fast durchweg Needham's Meinung massgebend war, dass jenes Organ zur Unterstützung der Athmung diene. Die vorerwähnte mechanische Theorie wurde namhaft gefördert durch Borelli's (de motu animalium, 1676) Hervorhebung der Thatsache, dass ein Fisch, dessen Schwimmblase erheblich genug verletzt sei, um den Gasinhalt entweichen zu lassen, unfähig zum Emporsteigen auf dem Grund des Wassers liegen bleibe, sowie durch den schwerwiegenden Beifall Cuvier's und Joh. Müller's. Demungeachtet musste man sich zu einer wenigstens theilweisen Beachtung der respiratorischen Hypothese entschliessen, als Biot und Delaroche fanden, dass das Gas in der Schwimmblase tieflebender Fische mehr als viermal reicher an Sauerstoff (bis zu 90 proc.) sei, als die Atmosphäre, den überflüssigen Gehalt daran also vermuthlich durch Porendiffusion aus dem Blute beziehe. Moreau erweiterte 1863 diese Annahme einer respiratorischen Bedeutung der Schwimmblase durch den Nachweis, dass der angehäufte Sauerstoff nach Bedürfniss im Oxygen ärmeren Wasser ins Blut zurücktrete. Natürlich wäre demungeachtet nebenbei die Schwimmblase möglicher Weise auch mit einer hydrostatischen Aufgabe betraut, und ist diese Ansicht auch noch zulässig, nachdem 1866 Gouriet und Monoyer durch ihre verschiedenartigen Untersuchungen zu dem bestimmten Resultat gelangt sein wollten, dass das Sinken und Steigen der Fische nicht durch entsprechende Compression und Ausdehnung der Schwimmblase bewerkstelligt werde. P. Harting macht nämlich dagegen mit Recht geltend, dass das Ergebniss weniger Versuche

mit einigen Süsswasserfischen nicht sofort verallgemeinert werden dürfe, weil anatomische Abweichungen, welche sich in nah verwandten Formen vom Vorhandensein bis zum gänzlichen Mangel der Schwimmblase steigern, die Beschaffenheit des Wassers und die Druckverhältnisse des gewöhnlichen Aufenthaltes die einschlägigen Erscheinungen wesentlich modificiren können. Dieser Forscher sucht nun 1873 (Poggendorff's Annalen der Physik 148. Band) die Frage experimentell zu lösen und erinnert zur Feststellung eines Ausgangspunktes seiner im Uebrigen ganz selbstständigen Schritte an Boyle's Vorschlag von 1675, einen grossen Fisch in ein, mit Wasser gefülltes, Glasgefäss zu bringen, dessen Hals in eine enge Röhre ausgezogen sei; in dieser werde man voraussichtlich beim Herabgehen des Fisches den Wasserstand sinken, beim Emporschwimmen aber steigen sehen, womit denn allerdings zunächst nur bewiesen würde, dass dort eine Verminderung, hier eine Vergrösserung des Fischvolums, muthmasslich durch beziehliche Contraction und Ausdehnung der Schwimmblase eingetreten sei. Abgesehen von diesem ungenügenden Resultat dürfte die technische Ausführung von Boyle's originalen Vorschriften unmöglich sein, weshalb die Wissenschaft in doppelter Hinsicht Harting Dank dafür schuldet, dass er für genauere Untersuchung des Problems ein besonderes, indess auch andrer Anwendungen fähiges „Physometer“ construirte.

Ein Cylinderglas von 20 Litre Inhalt ist auf abgeschliffenem Rande mit einer dicken kreisförmigen Spiegelscheibe bedeckt, welche vier Löcher hat, ein centrales für calibrirte Indicatorröhren des Wasserstandes, zwei seitwärts davon auf dem nämlichen Durchmesser zur Aufnahme zweier gleicher, in ihrer Fassungsbüchse verschiebbarer Messingdrähte, ein viertes für einen doppeltdurchbohrten Kautschukpfropfen als Träger eines Thermometers und eines Glasstäbchens. Letzteres dient mittels vertikaler Verschiebung zur Regulirung der Wasserstandhöhe. Die Metallstäbe der zweiten und dritten Oeffnung sind von den oberen Enden aus durch einen um eine darüber stehende Rolle geschlungenen Kupferdraht verbunden und lassen an ihnen parallel stehenden Skalen das beziehungsweise Steigen und Sinken erkennen, welches beiderseits in gleichem Masse aber entgegengesetzter Richtung geschehend die inneren Raumverhältnisse nicht ändert. Ihre unteren Enden können mittels angeschnittener Schraubengänge einen kleinen zur Aufnahme eines Fisches bestimmten Drahtkäfig fassen und halten. Selbstverständlich ist alle hier nicht besonders betonte Sorgfalt auf gute Verbindung der Stücke und festen Schluss verwandt, sowie eine vollständige Discussion der möglichen Fehlerquellen vorgenommen worden, deren Besonderheiten nach Methode und Resultat nur in der Originalabhandlung an ihrer richtigen Stelle sein dürften. Auch hier indess scheint bemerkenswerth, dass eine grosse Langsam-

keit der an den Volumänderungen der Flüssigkeit constatirbaren Erfolge von der Trägheit der elastischen Schwimmblasenwand verschuldet wird, vermöge deren sie eingetretene Modificationen ihrer mechanischen Eigenschaften nur sehr allmälig ausgleicht. Ganz allgemein kann dieser Einfluss deshalb nicht in einen bestimmten Rechnungswerth formulirt werden, weil er unter Anderm mit der Grösse des Organes und seinem Spannungsgrad variirt. Bei der natürlichen anatomischen Lage der Schwimmblase im unverletzten Fischkörper kommt noch, wenn schon weniger belangreich hiezu die Bewegungsträgheit der Leibeswände, sowie die etwaige Gegenwart von Gasen im Darm. Trotz dieser Schwierigkeiten und Fehlerquellen sind die im Physometer an Fischen angestellten Prüfungen lehrreich genug, um zur genaueren Verfolgung eines Versuches sich aufgefordert zu finden. — Eine $^1/_8$ Kilogramm schwere Schleie wurde innerhalb des bewussten Drahtkorbes ins Wasser des Physometer versenkt und daselbst bis zu seinem nach drei Tagen eintretenden Tode hinsichtlich der am Apparat discutirbaren Fragen beobachtet, schliesslich aber so geöffnet, dass man den Inhalt der Schwimmblase unter Quecksilber auffangen konnte; das so gewonnene Gas bestand aus 90,6 prc. Stickstoff und 9,4 prc. Kohlensäure, während keine Spur von Sauerstoff nachweislich war. Das Volumen der Schwimmblasenluft wird bei Beginn des Versuches zu 14,105 cub.cm. angegeben; dasselbe sank in den nächsten zwei Stunden unter langsamer unregelmässiger Athmung und sichtlichem Missbehagen des Thieres auf 12,152, hob sich aber nachträglich zu 16,709 cub.cm., — nach Ablauf der Nacht sogar bis 21,158; unter dieser Maximalausdehnung hatte sich die am Rückgrat einen festen Widerstand findende Schwimmblase so sehr seit- und abwärts ausgedehnt, dass der Fisch, dessen krankhafter Zustand die Entweichung der überschüssigen Luft durch den ductus pneumaticus nicht zu gestatten schien, die Verrückung des Schwerpunktes und die Verminderung des specifischen Gewichtes durch Aufgabe der senkrechten Stellung verrieth, indem die gehobene rechte Körperseite an die Käfigklappe gepresst wurde. Diese Situation blieb unter weiterer Steigerung des Schwimmblasenvolum auf 21,722 cub.cm. bis zum Tode beibehalten, mit dessen Eintritt unter Verkleinerung des besagten Volumens auf 14,95 cub.cm. der Auftrieb oder Druck nach Oben unter Fortdauer der Seitenlage wegfiel. — In der physiologischen Deutung der an sich sehr bestimmten Experimentalresultate ist Harting äusserst vorsichtig, indem er sich nicht zur Entscheidung der Frage im Allgemeinen berechtigt hält, ob die Fische durch willkürliche Zusammenpressung der Luft in der Schwimmblase ihr specifisches Gewicht vergrössern können, während physikalisch hier und in andren Versuchen mit herausgenommenen Schwimmblasen für sich jedenfalls sicher gestellt ist, dass mit einer Hebung des Behälters

ein proportionales Steigen des Füllungswassers in der Messungsröhre, also eine entsprechende Volumvermehrung des organischen Körpers, und umgekehrt verbunden ist. Die zusammengehörigen Werthe sind natürlich je nach den factischen Verhältnissen verschieden, und variiren selbst an demselben Exemplar bei wiederholten Versuchen innerhalb enger Grenzen. Beim obigen Beispiel entsprach einer Hebung um 45 cm. ein Niveau-Unterschied der Massflüssigkeit von durchschnittlich 72,8 mm. — Zu Gunsten einer activen Veränderung der in letzter Instanz auf die Schwimmblase bezichlichen Volumverhältnisse des Fisches sprechen unter Harting's Beobachtungen nur zwei Fälle. Bei einem Weissfisch musste auf activ muskulare Aenderungen der internen Luftvolumina geschlossen werden, weil zeitweise plötzlich eintretendes Sinken und Steigen der Messungswassersäule aus keiner andren Ursache erklärlich schien. — Andren Falles correspondirte mit jeder Kiemendeckelbewegung eines Barsches die senkrechte Schwankung des Wasserstandes so regelmässig, dass aus dem Gang der letzteren Oscillationen der Athmungsrhythmus erschlossen werden konnte; vermuthlich wirkt hiebei das einströmende und wiederabfliessende Wasser auf die Wände der Schwimmblase.

Schliesslich hofft Harting, dass das Physometer auch über den hydrostatischen Apparat des Nautilus pompilius Aufschluss geben werde, und zwar voraussichtlich dahin lautend, dass beim Sinken und Steigen dieses Thieres im Meere Sekretion und Absorption von Luft unter mitwirkender Bewegung der als Räderorgane (?) funktionirenden Tentakel einen wichtigeren Einfluss hat, als die Ausdehnung und Zusammendrückung der Luft in den Schalenkammern. —

Beachtung von Seite der gerichtlichen Medicin verdient noch die Bemerkung: „Ein andrer Zweck, wozu der Physometer anwendbar ist, ist die Bestimmung der Luftmenge in den Lungen Neugeborner, die nur sehr kurz geathmet haben und dann gestorben sind. Es ist deutlich, dass die damit zu erlangenden Resultate viel sicherer sind, als die mit der einfachen Lungenprobe, da auch die geringste Quantität Luft nicht nur angezeigt, sondern auch gemessen werden kann." —

7. Der Luftdruck.

§. 130. Die mechanische Einwirkung der Atmosphäre auf die organischen Wesen findet zum Theil in einem fast durchweg constanten Grössenwerth statt, zum Theil in variablen Angriffen, welche entweder den Gesetzen einer periodischen Schwankung gehorchen, oder anscheinend regellos sowohl zufällig als absichtlich ins Leben eingeführt werden. — Soweit dieselben, und dies ist grösstentheils der Fall, mit den natürlichen atmosphärischen Einflüs-

sen Hand in Hand gehen, verweise ich den Gegenstand in den meteorologischen Theil des Buches; hier beschränke ich mich auf einige allgemeine Betrachtungen, deren weiterer Verfolg mitten in die medicinische Praxis hineinführen würde.

Gegen die seit Galilei, wie man meinen sollte, völlig zweifellose Lehre vom Luftdruck ist oft von angeblichen Reformatoren veralteter Anschauungen die Unwahrscheinlichkeit ins Treffen geführt worden, dass auf dem menschlichen Körper wirklich jener enorme aus bekannter Berechnung zu circa 30,000—40,000 Pfund sich ergebende Druck laste, welcher, wie die einfachste Erwägung der gegebenen statischen Verhältnisse zeigt, zwar keinesfalls als eine einseitig zu Boden drückende Last sich geltend machen kann, immerhin aber die direct betroffenen Elementartheilchen comprimiren muss. Natürlich kommen hiebei nur diejenigen festen Aggregatzustandes in Betracht, denn zwischen den in Hohlräumen und Kanälen vorhandenen, mit der Atmosphäre unmittelbar communicirenden oder doch gegen sie diffusiblen Gasen wird unter allen Umständen Gleichgewicht hergestellt werden, die Flüssigkeiten des Organismus sind aber gleich dem in ihnen hauptsächlich vertretenen Wasser innerhalb der hier eingehaltenen Druckgrenzen so gut wie vollkommen unzusammendrückbar. Die allein noch übrig bleibenden festen Grundbestandtheile der Gewebe bieten nun, jede Zelle oder Faser für sich betrachtet, der mechanischen Lufteinwirkung eine so verschwindend kleine Fläche dar, dass der wohl nur noch in Milligrammen zu schätzende Werth unter alle Bedeutung herabsinkt.

§. 131. Wir werden die Mitwirkung des Luftdruckes an der Allgemeinerscheinung unsres Lebens erst gewahr, wenn Modificationen desselben eintreten. Es scheint indess, dass der zum normalen Wohlbefinden nothwendige und ausreichende Werth desselben durchaus keine absolute von unveränderlichen oder wenig schwankenden Anlagen des Organismus in quantitativer Bestimmtheit abhängige Grösse ist, denn auf Höhen, welche dem gewohnten deshalb als Bedürfniss erscheinenden Masse der Atmosphärenpressung nicht mehr die entsprechend lange Luftsäule gewähren und sie in einer bei plötzlichen Uebergängen das Wohlbefinden höchlich störenden Weise herabsetzen, leben, wie besonders in Südamerika, nicht nur für gewöhnlich zahlreiche Menschen und Thiere, sondern wurden und werden auch die kollossalsten Anstrengungen übernommen und durchgeführt, welche einen normal unterhaltenen und beeinflussten Organismus voraussetzen. Ausserdem ist an den unter ähnlichen Verhältnissen lebenden Personen die Nachgiebigkeit gegen die Variationen des Luftdruckes eine äusserst verschiedentliche und werden bei kräftiger Constitution unter sonst günstigen Umständen solche eines Be-

trages ausgehalten, dessen Grenzen auf eine grosse Dehnbarkeit des an sich allerdings unaufhebbaren Zusammenhanges zwischen Luftdruck und organischer Thätigkeit schliessen lassen.

Die vollständige Aequilibrirung des Beines durch den Luftdruck, die trotz des kleineren Gewichtes verhältnissmässig für die gänzliche Aufhebung des Armgewichtes zu geringe Ausdehnung seiner Wirkungsfläche an der oberen Extremität, die wenn auch secundäre, doch durch Vermittlung der Athmung unaufhörliche Mitthätigkeit an den Flüssigkeitsbewegungen im thierischen Körper ragt schon zu tief in das physiologische Gebiet, als dass hier mehr als eine Andeutung darüber zu geben wäre. Nur einen Ort organischer Leistungen mache ich noch namhaft, woselbst der Luftdruck in seinen Einflüssen zur Geltung kommt, welche gerade hier am häufigsten buchstäblich überhört wird, indem es sich um eine Verbindung aërostatischer und akustischer Erscheinungen handelt.

Die in die seitlichen Kopfknochen eingegrabene Paukenhöhle des mittleren Ohres steht durch die Eustachische Röhre mit dem hintren Theil des Mundes in Verbindung und kann so die Spannung ihres Luftinhaltes mit der auswärts herrschenden in Einklang setzen. Geschieht dies bei krankhafter oder jedenfalls abnormer Unwegsamkeit jenes Kanales nicht, so presst der zunehmende Luftdruck das Trommelfell nach Innen, während es sich bei vermindertem in umgekehrter Richtung wölbt. Beides kann leicht in einem, Schmerz sogar partielle Taubheit veranlassendem Grade geschehen. Eine kräftige Schluckbewegung hebt unter gewöhnlichen Umständen in der Regel die Verstopfung der Trompete und das in ihrem Gefolg stehende unangenehme Gefühl. Man kann auch willkürlich den Gegenversuch ausführen, indem man entweder bei Verschluss von Mund und Nase die Brust zur Inspirationsstellung ausdehnt oder hiebei eine starke Exspirationsbewegung zu machen sucht. Im ersten Falle verdünnt man die Luft der Trommelhöhle, weil diese in die erweiterten unteren Räume herabsteigt, im zweiten verdichtet man sie durch directes Eintreiben in alle verfügbare interne Höhlungen; dort biegt sich das Trommelfell ein, hier auswärts, beidemal aber verschwindet vorübergehend die Empfänglichkeit für schwächere Geräusche.

§. 132. Der genaue Zusammenhang der subjectivakustischen Erscheinungen mit Grösse und Schwankung des Luftdrucks macht sich innerhalb der physiologischen Grenzen beim Versinken in Meerestiefen, wie beim Ersteigen hoher Berge bemerklich, kann aber auch darüber hinaus in therapeutischem Sinne verwendet werden, sofern man beachtet, dass im Allgemeinen einzelne Fälle von Schwerhörigkeit in comprimirter Luft sich auffällig bessern.

Auch andre pathologische Zustände, namentlich asthmatischer Art

eignen sich für die Pneumotherapie, welche bereits in ein sehr befriedigendes Stadium der technischen Ausführung getreten ist. Ein Hohlellipsoid, dessen unteres Drittel in die Erde vergraben ist, hat einen durchlöcherten Fussboden und Eisenwände, welche den dreifachen Atmosphärendruck gewachsen sind, in ihnen zolldicke Glasfenster. Eine Dampfmaschine von zwölf Pferdekräften presst bei Bedarf stündlich 80,000 Litre Luft ein, welche im geeigneten Moment durch eine mit Ventil ausgestattete Röhre entweichen kann. In einer halben Stunde wird ein Druck von $1^1/_5$ Atmosphäre, etwa 920 mm. Quecksilberhöhe, erreicht, doppelt so lang constant erhalten und dann während dreissig Minuten allmälig zur Norm zurückgeführt. In einer zweiten Glocke kann der Druck auf $1^2/_5$ Atmosphären gesteigert werden. —

Einen einfacheren pneumatischen Apparat, aus einem für vier Personen hinreichenden Cylinder mit einwärts gewölbter Decke bestehend, in welchen durch 23 Kolbenhübe 1 cub.' Luft gepumpt wird, stellte Lange zu Johannisberg auf. — Vielseitigere Verwendung werden die pneumatischen Kuren finden, wenn die transportablen Verdichtungsapparate Waldenburg's (Gg. v. Liebig's Bericht im bayer. ärztl. Intelligenzblatt, 1874) mehr Verbreitung finden. —

Die Hauptwirkungen der verdichteten Luft auf den Organismus sind: Abnahme der sekretorischen Thätigkeit der Schleimhäute, vornehmlich der Athmungswege, Mehrung des Harnes, Beseitigung oder Milderung von Congestionen, Verlangsamung des Herzschlages und der Respiration, beziehlich um die Zahl: 10 und 2 (bis 4) für die Minute; nach 1—2 Stunden hebt sich zwar wieder die Frequenz dieser Funktionen, kehrt jedoch nicht leicht zur vorherigen (krankhaften) Höhe zurück, kann also bei öfteren Sitzungen in einer der Genesung höchst förderlichen Grösse und Constanz ermässigt werden. Bereits nach einer Viertelstunde pflegt die Athmungsgrösse um 3,37 prc. der Lungencapacität gesteigert zu werden, weil proportional dem äusseren Ueberdruck die Darmgase an Volumen abnehmen, also die Brusthöhle durch Herabdrängung des Zwerchfells an Raum gewinnt.

Ein zweistündiger Aufenthalt in der comprimirten Luft macht die Erhöhung der Lungencapacität zu einer dauernden. Die proportional der Aufenthaltsdauer verlangsamte Athemfrequenz bleibt auch für längere Zeit unter der Norm. Die gleichfalls ausdauernde Tiefenzunahme der Athemzüge ist von Vivenot thorakometrisch nachgewiesen worden. Die Inspiration ist erleichtert, die Exspiration erschwert oder verlangsamt, so dass das gewöhnlich 4:5 betragende Zeitverhältniss beider Acte auf 4 : 6 bis 8 und 11 steigt. Die ausgeathmete Kohlensäure erscheint relativ zur Luftdichte vermindert, absolut ge-

nommen aber vermehrt, indem durchschnittlich jeder Athemzug 0,05 gramm Kohlensäure mehr fördert, als ein normaler. Die Sauerstoffaufnahme ist sowohl mechanisch, als wegen Erhöhung der Blutcapacität für dieses mit der Atmosphäre comprimirte Gas, namhaft gesteigert, was die hellrothe Färbung des venösen Blutes, die Zunahme der Körperwärme, die Steigerung der Muskelkraft, der regere Stoffwechsel, der bessere Appetit beweisen. Die Verlangsamung des Pulses, welche um so merklicher ist, je grösser die Abweichung gewesen war, verliert sich unter gewöhnlichem Luftdruck bald wieder; sphygmographisch wird eine kleinere Höhe der Pulskurve und eine schrägere Ascensionslinie mit abgerundetem Gipfel während der Modificationszeit constatirt. Der arterielle Blutdruck erscheint im Allgemeinen vermindert. — Die beschriebenen Wirkungen des gesteigerten Luftdruckes müssen in vielen pathologischen Zuständen, namentlich des Circulations- und Respirationssystemes, besonders aber in der Tuberkulose von eingreifender und in der Regel günstiger Bedeutung sein. Es kommt nur darauf an, dass die Abweichung von der gewohnten Norm atmosphärischer Verhältnisse keine allzugrosse ist, und noch mehr, dass sowohl die Einführung, als Wiederherabsetzung des erhöhten Druckes sehr allmälig geschieht. In der That werden auch beträchtlichere, therapeutisch in Gebrauch gezogene Werthe weit übersteigende Atmosphärenpressungen ziemlich gut vertragen, wenn sie in sehr langsamen Uebergängen erzeugt und reducirt werden, während die Zufälle, über welche die in comprimirten Lufträumen bei Brückenbauten, Taucherarbeiten oder in Tunnels beschäftigten Arbeiter oft zu klagen haben, meist durch plötzliche Veränderungen der betreffenden Zustände veranlasst werden. Als Symptome bei zu raschem Eintritt in stark verdichtete Luft werden angegeben: Störungen in Gehör und Sprache, Unmöglichkeit der zum Pfeifen nöthigen Lippencontraction schon bei zwei Atmosphären, Abstumpfung der Sinnesempfindungen, Austrocknung des Mundes, Schweiss. Bei plötzlicher „Entschleussung" tritt leicht Nasenbluten, Frost, Uebelkeit ein, deren höhere mit Ohnmacht und selbst Tod (bei Vögeln unter Gasentwicklung im Blut sehr leicht eintretend) drohende Grade am besten und sichersten durch Wiederherstellung stärkeren Luftdruckes beseitigt werden. Als frühere oder spätere Folgezustände sind bekannt: Congestionirung angestrengter Muskeln, Hyperämie der juckenden hochtemporirten Haut, Ohrenschmerzen und Taubheit, Schwellung der Nasen- und Rachenschleimhaut. — Häufig sind gewiss an solchen Vorkommnissen individuelle Dispositionen oder Verstösse gegen die persönliche Hygiene Schuld; ausserdem kann das meiste Schlimme durch Regulirung der Arbeit, ihrer Uebernahme und Verlassung hintangehalten werden, wie die verhältnissmässig guten Gesundheitsverhältnisse in Taucherkolonien, Kohlengruben (Eschweiler

1859) bei Brückenbauten (erste Zurückdrängung des Wassers durch comprimirte Luft von Triger in Angers) und selbst in Tunnels beweisen. —

Locale Herabsetzung des Luftdruckes vermehrt im Allgemeinen die Congestionirung der betroffenen Theile und kann demnach ebensowohl die bekannten, wesentlich auf Anämie der inneren Organe zurückführbaren Symptome der Bergkrankheit erzeugen, als in der einfachen Anwendung des Schröpfkopfes bis zum complicirten Junod'schen Saugapparat zur therapeutischen Ableitung gefährlicher interner Hyperämien dienen. Mittels des letzteren kann der Luftdruck auf ein Drittel Atmosphäre herabgesetzt werden, wodurch 4–6 Pfd. Blut nach unten treten, und so eine, andre Organe entlastende, Gefässerweiterung von 24 bis 48stündiger Dauer erfolgt. — Von geringerer Bedeutung sind Charriere's Luftpumpenschröpfkopf, Heurtcloup's saugpumpenartig wirkende künstliche Blutegel und Simpson's airtractor zu geburtshilflichen Zwecken. —

8. Die Schallschwingungen.

§. 133. Der Schall als Empfindung ist ein rein physiologisches Phänomen, als physikalisches Ereigniss aber fällt er vollständig unter den mechanischen Gesichtspunkt, sowohl was die Form der Bewegungen anlangt, als das durchweg der wägbaren Materie entnommene Substrat derselben.

Steht in dieser Erwägung eine akustische Untersuchung wohl hier am richtigen Platze, so ist anderseits nicht zu verhehlen, dass die Schwere, welche als beherrschende Kraft des gegenwärtigen Abschnittes hingestellt worden ist, nicht unmittelbar die primäre Anregung der tönenden Schwingungen abgibt, aber auch nicht zu bestreiten, dass ihr Einfluss stets bei denselben betheiligt ist, weil die in den Oscillationen, Verdichtungs- und Verdünnungswellen in Anspruch genommenen molekularen Eigenschaften der Stoffe nur als besondre Consequenzen der allgemeinen Anziehung erscheinen, und unter allen Umständen der vibrirende Körper sein Gewicht mit dessen Consequenzen behält.

A. Die Aufnahme des Schalles.

§. 134. Der Eintritt des Schalles oder der Luftschwingungen, welche wir objectiv an seine Stelle setzen müssen, geschieht an einer durch's Trommelfell so scharf bezeichneten Schwelle, dass über diese Frage jede weitere Discussion mit dem Zugeständniss abgeschnitten werden darf, es sei allerdings eine unmittelbare Schallfortpflanzung zumal von einer die Kopfknochen berührenden, festen Oscillationsquelle aus durch jene bis zum Hörnerven möglich, aber

hinsichtlich des wirklichen Verlaufes der physiologisch-akustischen Ereignisse erscheine dieser Weg von verschwindender Bedeutung.

Auch durch die Paukenhöhle ist den Schallwellen der Weg mit sicherer Hand vorgezeichnet, denn man wird kaum im Ernste mehr auf die an sich allerdings nicht abzustreitende Möglichkeit Gewicht legen, dass die Ein- und Ausbiegungen des erschütterten Trommelfelles Verdichtungs- und Verdünnungswellen durch den kleinen abgeschlossenen Raum senden, um ihre geringe lebendige Kraft mit kaum erheblichem Erfolg an die Membran des runden Fenster abzugeben. Vielmehr ist die fest und doch beweglich hergestellte Kette der Gehörknöchelchen durch ihre Masse sowohl, wie die Anordnung weit geeigneter, die akustischen Oscillationen in periodische Stösse an der Verbindungsstelle von Steigbügel und ovalem Fenster umzusetzen, dessen häutige Wand von der abgeflachten Grundfläche des ersteren grossentheils bedeckt wird. Die lebendige Kraft der so an das Labyrintwasser abgegebenen Impulse ist bei der gegebenen Veranstaltung möglichst gross. — Bei Einwärtsbiegung des Trommelfelles wird der darangewachsene Hammerstil in gleichem Sinne bewegt; die Lage dieses ersten Gehörknöchelchen gegen den Ambos wird hiebei wenig oder gar nicht geändert, wohl aber drehen sich beide zusammen um eine Achse, welche durch den langen Fortsatz des Hammers und den kurzen des Ambos läuft, womit der längere Theil des letzteren nach Innen gedrängt wird und den für sich wenig beweglichen Steigbügel in's ovale Fenster treibt; die hier aufgespannte, einerseits von Luft, anderseits von der wässerigen Flüssigkeit des Labyrintes begrenzte Membran könnte natürlich auch unmittelbar in auf den Gehörnerv übertragbare Schwingungen versetzt werden, aber einmal wäre der Stärke derselben die gegebene Anordnung der Medien weniger günstig, als eine beiderseitige Begrenzung durch Luft, wie am Trommelfell, dann bietet letzteres dem akustischen Angriff eine grössere Fläche dar, endlich wird durch den Uebertragungsmodus von Seite der Gehörknöchelchen eine namhafte Concentration des Schwingungseindruckes bewerkstelligt.

Die Vorgänge im Labyrint sind dem Verlaufe nach gleich den bisher betrachteten entschieden von mechanischer Natur, vermuthlich selbst noch an dem mit der Auslösung der subjectiven Empfindung betrauten Nervenapparat, aber die Acte entziehen sich der unmittelbaren Nachweisung; von physikalischer Seite ist bloss hervorzuheben, dass in dem die Hohlräume erfüllenden Wasser die manchmal vermutheten Verdichtungs- und Verdünnungswellen unter den obwaltenden Pressungsverhältnissen geradezu unmöglich sind, während der Verlauf einer gewöhnlichen Flüssigkeitswelle um so einsichtiger erscheint, als am runden Fenster eine ausdrückliche Gelegenheit zur jenseitigen Ausweichung der von der ovalen Membran herkommenden

Oscillationswoge gegeben ist. Bei dieser Bewegung, soweit sie dem mit verdichteter Luft anprallenden Schalleindruck entspricht, wird als nächste und wahrscheinlichste Folge die häutige Scheidewand der Schnecke gegen die Paukentreppe gedrängt, von welcher sie während der negativen Verdünnungsphase wieder zurückweicht, beidemal die ihr verbreiteten Zweige des Gehörnerv durch Druck oder Zerrung reizend.

§. 135. Eine andre physikalisch wichtige Thatsache ist diejenige der Mitschwingung, welche hier indess weniger zur Verstärkung als zur möglichst feinen und vielfachen Differenzirung der akustischen Eindrücke benützt ist. Dreierlei mikroskopische Organe kommen dabei in Betracht. — Nahe den Vorhofwülsten, auf denen sich zahlreiche Nervenfäden verbreiten, liegen die Hörsteinchen, kleine, länglich eckige Krystalle, welche zwar schwerlich vollkommen regelmässiger Schwingungen, wohl aber ziemlich synchron mit den Wellen des Labyrintwassers erschütternder mechanischer Reizungen der Nerven fähig sind. — Auch Schultze's elastische Härchen der Ampullen werden wohl mehr von der bewegten Flüssigkeit mit fortgenommen, als dass sie in selbständige Schwingungen gerathen; aber jene passiven Schwankungen sind durchaus geeignet zur mechanischen Anregung der in das weiche Epithel gebetteten Nervenfasern. — Am geeignetsten aber zur Uebernahme und Ausführung bestimmter Vibrationen erscheinen die von Corti auf der membranösen Schneckenscheidewand entdeckten Organe, als deren für unsere Betrachtung wesentlichsten Stücke Helmholtz die dünnen, biegsamen, absteigenden Fasern erkennt, welche wie Saiten zwischen der Mitte der Membran und einem von der ersten Faserreihe gebildeten elastischen Steg ausgespannt sind. Bei ihrer grossen Zahl und vermuthlich verschiedenartigen Spannung möglicher Weise mit den einzelnen in's Ohr dringenden Tönen, auch deren schwächere Obertöne nicht ausgeschlossen, schwingend, und so sowohl die Höhe, als die Klangfarbe des Tones, die Accordglieder und überhaupt alle Complicationen der musikalischen Erscheinungen getrennt wie als Ganzes zur Empfindung führend, bieten sich diese Theile zu einer so ansprechenden Deutung der einschlägigen Erfahrungen dar, dass man fast misstrauisch auf die neue Zweifel weckenden Forschungen blickt und mit desto grösserem Beifall Hensen's Beobachtungen über die Gehörorgane der Decapoden begrüsst. Ein Mysis-Individuum, an dessen Schwanz feine Fasern sitzen, welche unzweifelhaft als äussere Hörhaare funktioniren, wurde in einem Kästchen unter Wasser gebracht, welchem man durch Vermittlung eines das menschliche Mittelohr nachahmenden Apparates die Töne eines Klappenhornes zuleiten konnte. Es ergab sich, dass dieses oder jenes Härchen gewisse Töne des Hor-

nes mit Schwingungen begleitete, jedes aber zu mehreren Noten in Correspondenz stand, zwischen denen sonach sein Eigenton zu liegen schien.

§. 136. Es belehrt uns diese Untersuchung zugleich über die vielfaltige Möglichkeit, die Schallschwingungen durch einfachere oder complicirtere Vermittlung organischer Stücke der Empfindung zugänglich zu machen. Bei allen niederen Thierformen finden wir Abweichungen vom kunstreichen Bau des Gehörwerkzeuges höherer Geschöpfe, ohne dass deshalb jenen die Fähigkeit der Schallperception namhaft verkümmert sein dürfte. So ist in der Paukenhöhle der nackten Amphibien das runde Fenster verschwunden, den Fischen fehlt die Schnecke und der Hörnerv des Krebses entnimmt die ihm physiologisch genügenden Eindrücke den Vibrationen eines durch den objectiven Impuls erschütterten, einfachen mit Flüssigkeit erfüllten Bläschens. — Alle feineren Einrichtungen dienen ohne Zweifel der genaueren Differenzirung der Schallempfindungen, in deren Interesse gelegen sein mag, dass die Vernehmung allgemeiner Geräusche und die zur zartesten distinctiven Leistung durch Uebung steigerungsfähige Perception musikalischer Anregungen in besondere Gebiete des Innenohres verwiesen ist, etwa jene in Vorhof und Ampullen, diese an das Corti'sche Organ. Neben anatomischen Gründen spricht für eine derartige Scheidung der akustischen Funktionen die Erfahrung, dass allgemeine Feinheit und Schärfe des Gehöres mit dem musikalischen Distinctionsvermögen durchaus nicht immer Hand in Hand gehen, vielmehr häufig an verschiedenen Individuen im entgegengesetzten Verhältniss ausgebildet erscheinen. Auch erklärt sich aus der Annahme besonderer Consonanzglieder der einzelnen Töne die seltsame Thatsache partieller Taubheit für bestimmte Tonhöhen, indem eine entsprechende Reihe der mitschwingenden Fasern verloren gegangen oder gelähmt sein kann.

Wie immer aber auch diese eines vollkommenen Abschlusses noch ermangelnde Frage vornehmlich durch vergleichend anatomische Untersuchungen entschieden werden mag, jedenfalls wird dadurch an dem sonstigen rein physikalischen Verhalten der Gehörwerkzeuge nichts geändert. Es kann für letzteres kaum ein directerer Beweis verlangt werden, als der von Politzer nach dem Schema des Phonautographen beigebrachte. Dieser, wie ihn Scott und König zur unmittelbaren Aufschreibung akustischer Wellenzüge hergestellt haben, besteht aus einem einerseits offenen parabolischen Schallzuleitungsraum, dessen andre Seite in geeigneter Fassung mit einer Membran verschlossen ist. Aussen trägt diese ein Stiftchen, welches auf einer vorbeigeführten und zugleich rotirenden berussten Trommel die Schwingungskurven zeichnet, die von einem

in den Schallbecher eintretenden System von Luftwellen an der Membran hervorgerufen werden. Politzer erhielt völlig analoge graphische Spuren des Phänomenes, wenn er die Töne von Orgelpfeifen in Resonatoren leitete, die im äusseren Gehörgang stecken, während der Schreibestift unter möglichst normaler Erhaltung der nothwendigen Ohrtheile am Hammer, Ambos oder Steigbügeltritt befestigt war. —

B. Die Stimmbildung.

a. Theorie der Zungenpfeifen.

§. 137. Wenn ein auf bestimmter Bahn zusammengehaltener Luftstrom an eine Oeffnung kommt, welche durch eine elastische Platte zwar verschlossen ist, doch so, dass der grösste Theil ihres Umfanges an den entsprechenden Wänden nur leise anstreift oder auf den Rändern frei aufliegt, so wird er durch die verfügbaren Spalten zu entweichen suchen, aber falls diese, wie gewöhnlich einen kleineren Flächenraum darstellen, als der Querschnitt der Zuleitungsröhre, kann dies zumal bei fortgesetzter Luftzufuhr nicht so schnell geschehen, dass nicht eine Verdichtung der Luft und hiemit eine hinreichende Erhöhung ihrer Spannkraft einträte, um die Zunge aus ihrer elastischen Gleichgewichtlage zu bringen. Natürlich gelingt dies wegen der hiemit wachgerufenen Molekularkräfte ihres Gefüges nur bis zu einem gewissen Grad, nach dessen Erreichung sie um so eher zurückschwingen wird, als unterdess die Luft Gelegenheit fand, sich bis zur Verdünnung auszudehnen. Indem sich dieser Wechsel der Erscheinungen wiederholt, geräth einerseits ein fester elastischer Körper in stehende Schwingungen von bestimmter Geschwindigkeit und stellt sich anderseits eine damit synchrone Intermittenz des Luftstromes her, welchem der Cylinder, von dessen Mantel die Zunge ein bewegliches Stück bildet, bald geöffnet, bald verschlossen ist, was auch noch zu regelmässigen Schwingungen der Luft in der Röhre selbst Anlass gibt.

Weder diese indess, noch diejenigen der Platte erkennt Wilhelm Weber als wirkliche Ursache des Tones an; er findet vielmehr dessen Entstehung begründet in den intermittirenden Luftstössen, deren periodische Unterbrechung durch die Bewegungen der Zunge geschieht, welche mithin die Anzahl der Vibrationen, also die Tonhöhe bestimmen. Neben der Molekularelasticität der Platte sind die stehenden Luftwellen in der Ansatzpfeife oder die daselbst stattfindenden Variationen des atmosphärischen Druckes von wesentlichem Einfluss auf den Bewegungsgang. Denn obschon die gänzliche Wegnahme der Aufsatzröhre die Tonbildung nicht im Mindesten beeinträchtigt, aber auch die Zunge für sich bloss mit dem Violinbogen angestrichen akustisch höchst unergiebige Vibrationen

vollführt, womit ihre obige Nichtanerkennung als Haupttonquelle als berechtigt erscheint, wird doch der von den intermittirenden Luftstössen einmal hervorgerufene Ton in seinen Eigenschaften von den räumlichen Verhältnissen jener secundären, aber wenigstens was die Zunge anlangt, unentbehrlichen Stücke namhaft modificirt. — Da indess die Tonhöhe hiebei nur dann verändert wird, wenn beträchtliche Abweichungen der Pfeifenlänge von ganzzahligen Vielfachen der Wellenlänge des Zungentones obwalten, jene aber beim menschlichen Stimmwerkzeug, in dessen Interesse allein wir die gegenwärtigen Betrachtungen anstellen, immer constant bleibt, man müsste denn an das Emporsteigen des Kehlkopfes bei Erzeugung hoher Töne denken wollen, so verfolge ich diesen Gegenstand nicht weiter, sondern beschränke mich auf die Bemerkung, dass in bemerklicherer Weise Form und Umfang der Ansatztheile auf die Klangfarbe des Tones sich geltend machen.

§. 138. Die Weber'schen Versuche wurden an metallenen Zungen angestellt. Solche geben gewöhnlich nur einen Ton rein und kräftig genug, sie weichen überdies in Form wie Material von den organischen Verhältnissen weit ab. Helmholtz (Annalen d. Physik, 114. Bd.) empfiehlt deshalb membranöse Zungen aus vulkanisirtem Kautschouk, deren Ränder schräg gegen den Luftstrom gestellt sind. — Für „Zungen mit cylindrischem Ansatzrohr ohne Windrohr", welche durch einen dem sinus der Zeit proportionalen Druck aus der Gleichgewichtlage verdrängt und von ihrer Elasticität in dieselbe zurückgeführt werden, gilt die Gleichung $\text{tang. } \varepsilon = \frac{L^2 - \lambda^2}{\beta^2 L^2 \lambda}$, worin ε den Winkel bedeutet, um den bei Repräsentirung der Schwingungsdauer durch eine in 360 Grade getheilte Kreislinie der grösste Druck nach Passirung der Gleichgewichtlage eintritt, während L die Wellenlänge des Tones der freien Zunge in der Luft, λ diejenige des beobachteten Tones, β eine Constante bezeichnet, welche von den obwaltenden mechanischen Verhältnissen abhängt und bei leichtem Materiale wie starker Reibung am beträchtlichsten ausfällt. — Dem Druckmaximum geht die Maximalgeschwindigkeit der gegen die Oeffnung gerichteten Bewegung um den Winkel δ voran, für welchen

$$\text{tang. } \delta = \frac{-\lambda^2}{4\pi Q} \cdot \text{sin. } \frac{4\pi(l + a)}{\gamma}$$

worin Q den Querschnitt, l die Länge des Ansatzrohres, a eine Constante darstellt, welche von der Form des Schallraumes abhängt und für einen Röhrenhalbmesser ϱ den Werth $\frac{\pi\varrho}{4}$ hat. —

Die gegenseitige Beziehung beider Ausdrücke ist in der Gleichung gegeben

$$\text{tang. } \varepsilon = \text{cotang. } \delta \text{ oder sin. } \frac{4\pi(l + a)}{\lambda} = \frac{4\pi}{\lambda} Q . \beta^2 \cdot \frac{L^2}{\lambda^2 - L^2}.$$

Der mit sin $\frac{2\pi(l + a)}{\lambda}$ proportionale Druckwechsel in der Ansatzröhre erhält sein maximum für $l + a = 2n \cdot \frac{\lambda}{4}$, ein minimum für $l + a = (2n + 1) \frac{\lambda}{4}$. Die in letzterer Formel characterisirten Töne sprechen am leichtesten an und ihre Quantität ist von der Tonhöhe des Eigentones der Zunge fast ganz unabhängig.

Für „Zungen mit kegelförmigem Ansatzrohr ohne Windrohr" sind die entsprechenden Ausdrücke cotang. δ = tang. ε, und

$$\text{tang. } \delta = - \frac{\lambda^2}{2\pi Q} \cdot \text{sin. } \frac{2\pi(l + a)}{\lambda} + \text{cos. } \frac{2\pi(l + a)}{\lambda} + \frac{\lambda}{2r\pi} \text{ sin. } \frac{2\pi(l + a)}{\lambda}.$$

Für die am kräftigsten ansprechenden höheren Töne aber gilt

$$\text{tang. } \frac{2\pi(l + a)}{\lambda} = - \frac{2r\pi}{\lambda}.$$

§. 139. Während im Ganzen die Auffassung des Kehlkopfes als Zungenwerk seit Müller's exacten Versuchen und geistvollen Erläuterungen keinem begründeten Zweifel mehr begegnet, besteht der Weber'schen Lehre gegenüber insofern eine Divergenz der Meinungen, dass jener berühmte Physiolog nicht auf die durch den Wechsel von Verschluss und Oeffnung der Stimmritze periodisch unterhaltenen Luftstösse, sondern auf die Schwingungen der Stimmbänder das Hauptgewicht legt. Obwohl Seebek die Berechtigung zu dieser Annahme, welche das Stimmwerkzeug immerhin als eine modificirte Zungenpfeife erscheinen liesse, bestreitet, ist eben doch experimentell festgestellt, dass die Tonhöhe wesentlich von der Spannung und Länge der Stimmbänder, nicht aber von der Weite der Stimmritze abhängt, deren Verengung nur den Anspruch des Tones erleichtert. Keinesfalls darf man erwarten, dass die Abhängigkeit der Tonhöhe von Länge und Spannung der Bänder sich so einfach gestaltet, wie an den vorwiegend linear ausgedehnten, nur an zwei Punkten befestigten Saiten, deren Theorie demnach voraussichtlich einfacher ist, während von dieser die Flächendimension und die vielpunktige peripherische Befestigung der Stimmhäute theilweise unberechenbare Abweichungen hervorruft. Im Allgemeinen wird diese eigenthümliche Form des Schwingungskörpers die Leichtigkeit und Schnelligkeit der Oscillationen, also auch die Tonhöhe herab-

drücken; wie denn auch die zur Hervorrufung der nächst höheren Oktave einer Saite nothwendige und ausreichende vierfache Spannung an den auf c_1 abgestimmten Stimmbändern nicht das theoretisch erwartete c_2, sondern die Sext a_1 erzeugt, wozu an der Saite schon ungefähr die dreifache Spannung genügt hätte. —

Die thierische Stimmbildung weicht, abgesehen von den durch Reflexion oder Resonanz schallverstärkenden Kehlkopftaschen einiger Affen, in den dem Menschen näher stehenden Geschöpfen nicht wesentlich von der menschlichen ab; bei den Vögeln sitzt der bekanntlich oft höchst leistungsfähige Tonapparat unten an der Theilungsstelle der Luftröhre. Völlig heterogen ist die Geräuschbildung, welche viele Insekten durch Reibung der Flügeldecken oder in andrer mechanischer Weise zu Stand bringen. —

b. Klangfarbe der Vocale.

§. 140. Der akustische Grundvorgang für die Sprache ebenso gut, als für die Stimme überhaupt liegt in den Stimmbändern, deren Schwingungen einen mit einer langen Reihe von Obertönen ausgestatteten Klang erzeugen, welcher nur dann stark und rein erscheint, wenn in den Schliessungsmomenten die Membranränder aufs Genaueste sich aneinanderlegen, ohne jedoch irgendwo aufzuschlagen. Geschieht dies, so erhält der Ton jene eigenthümliche Schärfe, welche die aufschlagenden Zungenwerke von den durchschlagenden unterscheidet. Beim Sprechen scheint nun durchweg jener aufschlagende Schwingungsmodus der Stimmbänder in physiologischem Gebrauch zu stehen, während sie beim Singen als durchschlagende Zungen gestellt sind.

§. 141. Die weitere Modification der Sprechtöne hängt vom Einfluss der oberhalb des Kehlkopfes gelegenen Theile auf die Schallwellen ab. Zu einer selbstständigen Leistung kommt es bekanntlich überhaupt nur bei den Vokalen, während die mit ihrer Hilfe ausgesprochenen Consonanten ihre Charakteristik den an Gaumen, Zunge, Zähnen, Lippen oder in der Nase erzeugten Reibungsgeräuschen verdanken.

§. 142. Für die Vokale kommt es auf die Töne an, welche nach der Configuration der Mundhöhle in ihr möglich erscheinen. Ihre Gestalt ist für A am einfachsten, nämlich diejenige eines vom Kehlkopf an sich gleichförmig erweiternden Trichters. Für O und U nähert sich die Form einer enghalsigen Flasche, deren Ton um so tiefer ist, je enger die Mündung und je weiter der Bauch; beides erreicht bei U sein Extrem, wodurch in der Mundhöhle der Resonanz-

ton f hervorgebracht wird; die im Ganzen ähnliche aber eine grössere Tonhöhe begünstigende Stellung der Mundtheile für O führt zu b_1. Beim Aussprechen des A steigt der Eigenton der Mundhöhle auf b_2, und bei Verschärfung dieses Vokalcharakters sogar auf d_3. — Für eine zweite Reihe von Vokalen wird zwischen dem harten Gaumen und dem Vordertheil der Zunge eine Verengerung des Hohlraumes hergestellt. Die Mundhöhle nimmt die Form einer Flasche an, deren Bauch vom Schlund, der enge Hals vom Kanal zwischen Hartgaumen und oberer Zungenfläche gebildet wird. Die Weite des ersteren und die Enge des letzteren sind für E im geringeren, für I in höherem Grade ausgebildet. Ein Hohlraum der beschriebenen Art gibt zwei Resonanztöne, deren einer als Eigenton des Bauches, der andre als derjenige des Halses aufgefasst werden kann. So kommen E und I beziehlich zu den Obertönen f_1 und b_3 sowie f und d_4. — Nach Donders sind die Obertöne der Vokale: U $= f_1$. O $= d_1$. A $= b_1$. E $=$ cis_3. I $= f_3$.

Den Einfluss der Mundhöhlenabstimmung auf den Stimmenklang findet Helmholtz identisch mit dem der Ansatzröhren von Zungenwerken, indem alle Obertöne verstärkt werden, welche einem der Eigentöne des Hohlraumes gleich oder sehr nah liegen, während alle andren fast ausgelöscht, wenigstens stark gedämpft werden.

Als Eigenthümlichkeit der Vokalklänge ist endlich noch festzustellen, dass die Stärke ihrer Obertöne nicht von der Ordnungszahl, sondern der absoluten Tonhöhe derselben abhängt; es erscheint also der einem bestimmten Vokal zugehörige Oberton, weil eben objectiv in der Form der Mundhöhle begründet, unverändert, ob jener Vokal auf einem tiefen oder hohen Ton gesungen wird, obschon hiebei aus bekannten akustischmusikalischen Gründen die Ordnungszahl des dem tiefen Tone ferner stehenden Hauptobertones viel grösser ist, als gegenüber dem ihm näher stehenden hohen Tone. —

C. Diagnostisch-therapeutische Probleme der Akustik.

a. Die Geräusche im und am Körper (Auscultation).

§. 143. Sowohl die festen als flüssigen und gasförmigen Stoffe des Organismus können durch regelmässige Vorgänge oder auf zufälligen wie absichtlichen Anstoss in Bewegungen von mehr oder weniger ausgeprägter Periodicität gerathen, welche wegen der akustischen Unvollkommenheit der Entstehung und der geringen Stärke dem Ohre sich in der Form ziemlich unbestimmter Geräusche verrathen.

In einzelnen Fällen allerdings ist der Erzeugungsmodus, wie die Fortleitung des inneren akustischen Ereignisses nach Aussen einer

deutlicheren Erscheinung günstig, wenn auch deren oft gewährte Bezeichnung als Ton immerhin nur im euphemistischen Sinne gemeint sein kann. — In diesem Falle finden sich die Herzklappen, welche der Blutstrom in Schall gebende Schwingungen versetzt. Diejenigen der Atrioventrikularklappen im Augenblick der Systole, vielleicht verbunden mit den Vibrationen der unter energischer Innervation sich rasch contrahirenden Herzmuskulatur, bedingen den ersten, diejenigen der Semilunarklappen den zweiten, diastolischen, Ton. Bei vollständiger Schlussfähigkeit der Klappen ist ihre Erschütterung mit der akustischen Folge eine kurze und schnell vorübergehende, bei unvollkommenem Verschluss kann es aber zu einem dauernden Geräusch kommen, aus dessen Eigenthümlichkeit diagnostische Schlüsse gezogen werden können, soweit nicht die an sich schon grosse Veränderlichkeit der Erscheinung durch die Unsicherheit über die Energie der Herzschläge erschwerende Complicationen erfährt.

§. 144. Spuren einer auscultatorischen Untersuchung der Herztöne gehen bis auf Hippokrates zurück; jedenfalls beschäftigte sich Harvey damit; eine systematische Methodik des Verfahrens beginnt indess erst mit Laennec. — Hier tritt das Stethoskop in seine Rechte ein, denn wenn auch unzweifelhaft ist, dass man im Allgemeinen bei der unmittelbaren Anlegung des Ohres am deutlichsten hört, so erleichtert doch jenes Werkzeug der mittelbaren Auscultation die feinere Distinction und Aussonderung akustischer Theilerscheinungen.

Dieses viel gebrauchte, wohl öfter über- als unterschätzte, Instrument soll den unter einer bestimmten Körperstelle nach theoretischer Voraussicht oder vorläufiger empirischer Feststellung erzeugten Schall auf dem Wege der besten Leitung, wo möglich verstärkt durch Mitschwingungen des applicirten Materiales dem Ohre des Beobachters übermitteln. Die letztere Erwartung, auf deren mehr oder weniger bewusst gewordene Existenz die kreisförmige Platte am Hörende hinzudeuten scheint, ist völlig illusorisch, so dass weit zweckmässiger wäre, einen etwa olivenförmigen Ausläufer der Schallröhre in den äusseren Gehörgang zu stecken. Für die Fortpflanzung des Schalles kann natürlich die im centralgebohrten Kanal des Stethoskopes befindliche Luft an sich nicht mehr leisten, als diejenige der freien Umgebung, doch werden die Schallwellen vor der Ausbreitung theilweis geschützt auf schmalem geradlinigen Wege relativ concentrirt zugeführt. Das leistet aber ein massives Holzstäbchen weit besser, denn die Schallleitungsfähigkeit des Tannenholzes ist z. B. gegen 18mal grösser, als diejenige der Luft. Ich ziehe solch ein festes Stethoskop mit einem dem Trommelfell möglichst nah gebrachten Ohrstück sogar dem vielgerühmten König'schen Luftlinsenstethoskop vor, ob-

wohl dasselbe ganz besonders zum Studium der Herztöne ersonnen und von Hiffelsheim im Allgemeinen empfohlen wurde. Wahrscheinlich hängt seine Brauchbarkeit in hohem Grade von der Ausführung der einzelnen Stücke ab, welche an dem von mir direct aus den Händen König's bezogenen Apparat nicht sehr exact zu sein scheint, weil der auscultatorische Vortheil seiner Benützung mir und mehreren Aerzten, denen ich es zum Gebrauch überliess, keineswegs der Erwartung entsprach. Principiell sind dem Instrument zwei von Helmholtz stammende akustischexperimentale Verfahrungsweisen durch König zu Grund gelegt werden. Einerseits überträgt eine vollständig abgeschlossene Luftmasse, welche mit dem Ohre hermetisch durch eine Kautschukröhre in Verbindung steht, ihre Verdichtung und Verdünnung mit grosser Kraft auf das Trommelfell, anderseits hört man Partialtöne eines Klanges oder Geräusches deutlich vereinzelt heraus, wenn eine auf jene abgestimmte theilweise eingegrenzte Luftmasse, wie es in den Resonatoren geschieht, mitschwingt. Eine Luftlinse, welche durch Aufblasen zweier Gummimembranen von 5 cm. Durchmesser hergestellt wird, soll an die Explorationsstelle gelegt werden. Sie überträgt, nicht ganz unabhängig vom Spannungsgrad der Häute, den Schall auf einen halbkugeligen Raum, dessen resonatorische Wirkung indess gerade im entscheidenden Fall vergeblich auf sich warten lässt, und von da durch einen in den durchbohrten Scheitel der Wölbung eingesetzten Kautschukschlauch ans Ohr. — Sonst ist die Anwendung der gewöhnlichen Resonatoren versucht worden, um durch verstärkende Mitschwingung die Höhe von Tönen zu bestimmen, welche in pathologischen Cavernen ihre Entstehung finden. Vermuthlich erfreut sich jedoch diese Methode sowohl wegen der nicht sehr grossen Bestimmtheit ihrer Resultate als wegen der Umständlichkeit des Verfahrens keiner Ausbreitung in der ärztlichen Praxis. —

§. 145. Während die von der Auscultation am Herzen festgestellten akustischen Erscheinungen sich dem Charakter des Tones zuneigen, kommen in den Gefässen ausschliesslich Geräusche zur Beobachtung. — Reine Flüssigkeitsgeräusche gibt es im Körper nicht, d. h. das Fluidum kommt nicht als solches in schallfähige Schwingungen, erzeugt auch durch Reibung seiner Theilchen unter sich oder an den Wänden der Gefässe nicht die in letzteren vernehmlichen Geräusche, sondern zu deren durchaus an die Vibrationen der Röhrenhäute gebundenen Entstehung steht es bloss insofern in Beziehung, als diese durch die lebendige Kraft der Strömung angeregt werden. Experimentell möglich ist es unter allen Umständen, von welchem Material auch Röhre wie Flüssigkeit sein mögen, die betreffenden Geräusche hervorzurufen, es gehört dazu aber eine um so grössere

Geschwindigkeit, je dünnflüssiger und dabei doch schwerer das strömende Fluidum, was bei Quecksilber im günstigsten Masse eintrifft, je weiter, biegsamer, innerlich rauher und dünnwandiger die Röhre ist. Bevorzugte Stellen für den Auftritt dieses akustischen Phänomens sind die, zumal schräg gegen die Bahnachse gerichteten Uebergänge eines engeren Strombettes in ein weiteres, indem daselbst um den dünneren Strahl herum die Gefässwände vom Luftdruck nach Innen gepresst und vermöge der Elasticität wieder auswärts gebeugt werden (Kiwisch, Corrigan). — Hinsichtlich des physiologischen Characters der Gefässe haben der Natur der Blutbewegung gemäss die arteriellen Geräusche einen intermittirenden, die venösen einen kontinuirlichen Verlauf. —

§. 146. Bewegte Gase geben, wenn wir vom Kollern und Gurren der Darmgase absehen, nur in den Athmungswerkzeugen zu Geräuschen Anlass. Diese, im Allgemeinen von zischendem oder blasendem Charakter, treten überall auf, wo beträchtlichere Veränderungen des Bahnlumens vorkommen, also beim Uebergang der Rachenhöhle in den Kehlkopf und bei Erweiterung der letzten feinsten Bronchialzweige in die Lungenbläschen. An ersterer Stelle entsteht ein namentlich bei der Ausathmung ziemlich starkes oder scharfes Blasegeräusch, welches bei exsudativer Verdichtung der Bronchienwände wegen Mitschwingung der in starren Hüllen leichter erregbaren Luft eine weite Verbreitung über die Brust erhalten kann und dann als bronchiales Athmen dem mit dem zweiten Respirationsgeräusch in Verbindung stehenden vesikulären gegenübergestellt wird, welches Günzburg durch Undulationen der in die Bronchialäste eindringenden Luft und Schwingungen der Lungenbläschenschleimhaut erklärt, und das wohl am sichersten auf eine Summe von Pressstrahlen an den natürlichen Stenosen der Luftwege zurückgeführt wird. — Steigert sich die Bronchialisirung der respiratorischen Schallphänomene, welche im normalen Stande durch die schwammige Structur der Umgebung genügend geschwächt werden, um Hoppe's Interferenzenchaos entbehrlich zu finden, durch die bessere Leitung und Consonanz dichter pathologischer Ablagerungen, so kann auch der eigenthümlich gefärbte oder hallende Klang der Stimme an der Brustwand deutlicher vernommen werden, als am Kehlkopf. Die so hergestellte Bronchophonie der verstärkten Vokalklänge steigert sich im höchsten Grade der Mitschwingung zur Pectoriloquie und wird bei zitterndem Ablauf des Schalles als Aegophonie bezeichnet. —

Sind fremde Massen in den Luftwegen angehäuft, so bewirkt der sie durchstreichende Athem Geräusche, deren Art und Stärke von der Beschaffenheit des Substrates abhängt. Die in zähen Mitteln platzen-

den Luftblasen erzeugen einen kurzen trocknen klanglosen Schall, die in mehr verflüssigten Medien aufsteigenden ein länger anhaltendes feuchtes Rasseln, welches sich bei grosser Dünnflüssigkeit in ein gurgelndes Geräusch verwandelt. Dasselbe nimmt den Charakter eines knisternden Rasselns an, wenn die durch Schleim verklebten Wände vom Luftstrom plötzlich auseinandergerissen werden. — Verstärkt erscheinen die Rasselgeräusche einerseits durch Herstellung einer besseren Schallleitung in verdichteten Geweben, anderseits durch die von besondern räumlichen Verhältnissen begünstigte Mitschwingung innerer Theile.

§. 147. Was das gelegentlich der Herztöne erwähnte Muskelgeräusch betrifft, welches auch in der Arterienwand eine active Rolle spielen soll, so wurde dasselbe zuerst 1663 von Grimaldi beschrieben, von Craanen auf angebliche esprits animaux bezogen, von Royer aber 1760 richtig aus der Contraktion der muskularen Elemente hergeleitet. Laennec spricht 1810 vom bruit rotatoire, das bei der Thätigkeit der Kaumuskeln bemerklich werde, Williams brachte die Erscheinung zu den Herztönen in Beziehung und Helmholtz lieferte die ersten sicheren Materialien zu einer Theorie des an sich zweifellosen Phänomenes. Das Hörbare darin ist der erste Oberton der eigentlichen von der Muskelaction erzeugten akustischen Schwingung. —

b. Physikalische Principien der Percussion.

§. 148. Wo immer es möglich ist, beschränkt sich die naturwissenschaftliche Methode nicht auf die passive Beobachtung der von selber eintretenden Ereignisse, sondern strebt die Erkenntniss der Dinge zu erweitern durch den activen Eingriff des Experimentes, welches nie ein absolut neues Factum schafft, sondern nur das an sich Vorhandene im günstigsten Lichte erscheinen lässt. — In diesem Verhältniss ungefähr stehen Auscultation und Perkussion. Beiden gelingt nichts, als die Ableitung bestimmter innerer Zustände aus gewissen akustischen Phänomenen, deren wissenschaftlichen Zusammenhang mit jenen Theorie und Erfahrung in allerdings sehr verschiedenen Graden der Sicherheit festgestellt hat. Während aber dort das von Natur aus Gegebene belauscht wird, erregt man hier auf systematischem Wege an einzelnen Körperstellen Geräusche, aus deren Charakteren man auf die Beschaffenheit der schwingenden Stücke schliesst.

§. 149. Abgesehen von völlig vereinzelten Zeugnissen der ärztlichen Aufmerksamkeit auf diese physikalische Untersuchungsform scheint Auenbrugger (1722—1809) zuerst bemerkt zu haben, dass

der Schall der angeschlagenen Brustwand die Ausdehnung empyemischer Exsudate verräth, sowie dass über Herz und Lunge der Percussionsschall mit verschiedenartiger Resonanz sich bemerklich macht. Seine am Ende des Jahres 1760 vollendete Perkussion der Brust fand indess nur bei Unzer und Stoll Anerkennung und Förderniss, im Uebrigen aber namentlich in Deutschland bloss Missachtung und Spott. Es bedurfte der Autorität eines Corvisart (1755—1821), welcher zunächst im Interesse der Herzklappenfehler mit entschiedener Energie die objective Exploration der Kranken begründete, um die Percussion an der historischen Grösse seiner Zeit: Napoleon prüfen und den Ausspruch wagen zu dürfen: Nollem esse medicus sine percussione et auscultatione. Sonst rühmen wir als Hauptvertreter der akustischen Methode der Diagnose auf französischem Boden Laennec und Piorry, welch' letzterer bei aller Anerkennung seiner Leistungen hinsichtlich mancher specieller Resultate der topographischen Exploration der Innenorgane von phantastischen Uebertreibungen nicht ganz freizusprechen ist. Auch der Erstere trieb nach Paul Niemeyer allzusehr „pathologisch-anatomische Ontologie", als dass seine Untersuchungen mit ihren diagnostischen Erfolgen den Anforderungen einer nüchternen Induction hätten entsprechen können. —

Eine ächt wissenschaftliche Theorie der Perkussion (und Auskultation) erstand auf dem Boden, welcher auch ihre ersten Keime getragen hatte, durch den glücklicheren Scoda, welcher das physikalische Zeichen vom pathologischen Process in der Erwägung trennt, dass jenes nur die thatsächliche Beschaffenheit des explorirten Gewebes ohne Präjudiz einer etwaigen Krankheit desselben bis auf einen gewissen Grad enthüllt, und welcher die physikalischen Qualitäten der einschlägigen Phänomene, ihre experimentale Nachahmung, wie eine sachgemässe Bezeichnungsweise der Theilerscheinungen möglichst scharf und sicher begründete. Das von ihm gelegte Fundament ist fest genug, um nach allenfallsiger Herausnahme oder Ersetzung kleiner schadhafter Stücke den ganzen Ausbau zu tragen, den die Lehre in unsrer Zeit erfuhr. —

§. 150. Im Sinne Scoda's und im Geiste der physikalischen Methode ist an die Spitze aller percutorischen Untersuchungen der Satz gestellt worden, dass jegliche Verschiedenheit des Schalles entspringt aus den Differenzen in Menge, Vertheilung und Spannung der in den Organen enthaltenen Luft, gewisse Modificationen aber auch aus der Art des Anschlages hervorgehen. Alle nicht lufthaltigen Körpertheile geben jenen dumpfen und leeren Schall, wie man ihn bei der Percussion der dickeren Muskelpartien und auch an Knochen nur etwas verschärft und bestimmter vorfindet. Dagegen bergen Brust und Bauch die für die Perkussion ergiebigsten Luftschallräume. Auf

sie allein beziehen sich die differentiellen Qualificirungen der akustischen Symptome, von denen einige zum Theil einer übertriebenen theoretischen Spitzfindigkeit, andere einem unmittelbaren praktischen Bedürfniss ihr Dasein verdanken. Jedenfalls haben die in dieser Hinsicht aufgestellten Reihen einen sehr verschiedenartigen Werth, welcher um so grösser sein wird, je einfacher und sicherer einerseits die Beziehung bestimmter Bezeichnungen zu physikalischen Thatsachen vorliegt, und je unzweideutiger anderseits die praktische Verwendbarkeit einleuchtet.

Was zuvörderst die *Reihe vom vollen zum leeren Schall* betrifft, so wird der eine Ausgangspunkt und hiemit die ganze Richtung wohl am besten durch *Zamminer* charakterisirt, welcher den Eindruck des Vollen aus einer grossen, in allen einzelnen Theilen übereinstimmenden Schwingfähigkeit des ganzen tönenden Systemes erklärt. Kurz dauernde Vibrationen räumlich beschränkter Schallräume werden demnach am entgegengesetzten Ende stehen. — In einer zweiten *Reihe vom hellen zum dumpfen Schall* hängt der Grad der charakteristischen Dämpfung von der Dicke der luftleeren Schicht ab. Diese bildet ein positives Hinderniss der tiefer erzeugbaren Schwingungen, zu deren Erregung von Aussen her sie ebenso wenig geeignet ist, als zu deren ergibigen Leitung von Innen heraus. *Wintrich* unterscheidet hievon wohl mit Recht die einfache *Abschwächung des Schalles*, welche durch einen grösseren Abstand von der Tonquelle hervorgerufen wird. — Am meisten Aufmerksamkeit und Controverse hat in dritter Linie die Qualificirung des percussiven Schalles nach seinem mehr oder weniger *tympanitischen* Charakter erregt.

Nothwendige und ausreichende Bedingung des tympanitischen Schalles ist ein begrenzter Luftraum und eine schlaffe Wand desselben. Alles Uebrige ist von secundärer Bedeutung. Die Luft der Höhlung geräth in stehende Schwingungen, welche von der einschliessenden schlaffen Haut nicht gestört werden, was bei grösserer Spannung derselben der Fall ist. Der Regelmässigkeit jener durch eine Erschütterung erzeugten Wellen verdankt der tympanitische Schall seine Annäherung an den Ton, welche er um so mehr verliert, je störender sich die Eigenvibrationen der Membran einmischen. — Der mit dem tympanitischen da und dort in Zusammenhang gebrachte *amphorische* oder *metallische* Klang entsteht aus primären und reflectirten Wellen von grosser Regelmässigkeit und Uebereinstimmung der Schwingungseigenschaften, besitzt also im akustischen Entstehungs- und Ablaufmodus allerdings eine gewisse Aehnlichkeit mit jenem ersteren, unterscheidet sich aber doch wesentlich von demselben durch die gleichzeitige Combination tönender Schwingungen der Luft und der begrenzenden Wände. Beide Schallphänomene können eben-

sogut vereinigt als getrennt auftreten, wie denn z. B. die aufgetriebene Harnblase einen nicht tympanitisch amphorischen, die schlaffe einen tympanitisch amphorischen Klang gibt. — Eine weitere Besonderheit des Percussionsschalles, das Geräusch des gesprungenen Topfes wurde zuerst von Laennec 1816 ausdrücklich festgestellt. Niemeyer, dessen trefflichem, namentlich in historischer und kritischer Hinsicht höchst lehrreichen Buch über Percussion und Auscultation (Erlangen, Enke, 1868) mehrere der letzteren Notizen entnommen sind, führt die „Spritzwellen" dieser abnormen Erscheinung auf die Reibung einer plötzlich comprimirten, unter Hindernissen nach Aussen entweichenden Luftmasse zurück.

Die im Ausland ganz vernachlässigte, von Skoda aber fest begründete vierte Reihe vom hohen zum tiefen Schall entnimmt ihre differentiellen Qualificationen von der Länge der schwingenden Luftsäule, oder von der Oeffnungsweite zugängiger Schallräume.

§. 151. Mit dem elfenbeinernen oder neuerdings gläsernen Plessimeterplättchen und mit Vernon's Hammer lassen sich auf akustischem Weg die normalen wie abnormen Grenzen percussiv zugänglicher Organe, wie namentlich der Leber, scharf und sicher bestimmen, was unter Umständen ebenso werthvoll sein kann, als die Exploration der parenchymatösen Veränderungen selbst. — Gleich gute Aufschlüsse über Lage und Grenzen der Organe, wie über den örtlichen Widerstandsgrad verspricht nun Baas mittels der phonometrischen Angaben einer angeschlagenen und auf den betreffenden Stellen angesetzten Stimmgabel. Am leichtesten constatirt man damit die Lineargrenzen der Leber, über welcher jegliche Resonanz fehlt, während diese auf den Gedärmen sehr stark, an der inneren Hälfte der Infraclaviculargegend aber im Mittelgrade ausgeprägt erscheint. Am Brustbein tritt die stärkste Resonanz in der Mitte auf, die schwächste am Schwertfortsatz. Die vordere Milzgrenze soll in der Regel durch diese Methode nicht constatirbar sein, wohl aber bei Vergrösserung in Folge von Malarialeiden. Der schwangere Uterus und die volle Harnblase schwächen die locale Resonanz merklich. — In ähnlicher Weise beobachtete Guttmann mittels einer Stimmgabel vom Eigentone: a, den er indess durch eine Klemmschraube auf: d herabgestimmt hatte, erhebliche Resonanzverminderung über den verdichteten Lungenspitzen.

§. 152. Es ist vielleicht hier am Platz, noch eine andre Bemerkung über den akustisch-medicinischen Gebrauch der Stimmgabeln so kurz zu machen, als es zur physikalischen Verständigung der Sache angeht, ohne in das hiemit schon berührte Gebiet der Ohrenheilkunde tiefer einzugehen.

Politzer hält die Stimmgabel für besonders geeignet zur diagnostischen Entscheidung, ob der eigentliche Sitz einer Gehörstörung in der Paukenhöhle oder im Labyrint zu suchen sei. Nach E. H. Weber wird nämlich eine mit den Kopfknochen in Berührung gebrachte schwingende Stimmgabel vornehmlich auf dem verstopften Ohr gehört, weil die von den Knochen an die Luft des äusseren Gehörganges übertragenen Schallwellen gegen das Trommelfell und die Hörknöchelchen hin zurückgeworfen und die unmittelbar zu Paukenhöhle und Labyrint gelangenden Schwingungen am zerstreuenden Abfluss in die Atmosphäre gehindert werden. — Bei Veränderungen im äusseren oder mittleren Ohr soll nun die Stimmgabel am besten auf dieser Seite gehört werden, so lang noch das Labyrint gesund ist. Sind einmal in diesem Störungen eingetreten, so wird unter allen Umständen des Versuches auf dem intacten Ohr besser gehört. Bei einseitiger Trommelfelldurchbohrung soll die am Scheitel aufgesetzte Stimmgabel auf dem verletzten Ohr deutlicher gehört werden, weil die veränderte Beweglichkeit der Schallwellen in den hinsichtlich ihrer Stützpunkte alterirten Gehörknöchelchen die Ausströmung jener nicht begünstigt und die vergrösserte Lufthöhle eine stärkere Resonanz gestattet. (?)

Endlich benützt Magnus eine Stimmgabel als Hörmesser, indem er sie mit einem Kugelpendel von bestimmbarer Fallhöhe verbindet, in einem Kautschoukschlauch den Schall auffängt und die Abklingperiode des Tones mit der Sekundenuhr feststellt.

Toynbee empfiehlt 1853 ein besonderes Otoskop zur Auscultation des Ohres. —

c. Akustische Therapie.

§. 153. Man könnte dies Thema nach zwei Richtungen verfolgen, deren keine jedoch uns zu weiterem Ausflug verlocken darf. — Die Ohrenheilkunde hat natürlich gleich derjenigen des Auges zahlreiche Berührungen mit der Physik, aber anderseits eine ihrer Aufgabe entsprechende so specifische Technik, dass wir ihre Selbständigkeit achtend sie keineswegs hier anhangweise einschalten, sondern aus ihrem Material bloss einige Punkte berühren wollen, welche eine besondre physikalische Bedeutung besitzen. — Valsalva's Versuch, durch kräftiges Ausathmen bei Verschluss von Mund und Nase die verstopfte Ohrtrompete zu lüften, wird hier recapitulirt, um die Bemerkung daran zu knüpfen, dass zu diesem Behuf bei hartnäckigeren Fällen, in denen wegen Katarrhes der Paukenhöhle und Tuba Schwerhörigkeit besteht, die Luftdouche empfohlen ward, zu deren Erzeugung nöthigen Falles unter Combination mit heilkräftigen Dämpfen eine Art Heronball und eine Compressionspumpe dient, welche mit 20—25

Zügen leicht eine Verdichtung auf 2—3 Atmosphären hervorruft, also einen sehr ergiebigen Druckstrahl erzeugt. — Auch wurde jener enge Kanal durch quellendes Pergament zu erweitern gesucht. — Bei partiellen Lähmungen des Corti'schen Organes, wodurch die hörbare Tonreihe unterbrochen oder eingeschränkt werden kann, sucht Magnus Aushilfe bei Resonatoren, welche auf die fehlenden Töne abgestimmt sind. — Interessant ist endlich der künstliche Ersatz des Trommelfells, dessen Durchbohrung zuweilen die Hörweite des Uhrschlages nur auf ein Drittel des Normalwerthes einschränkt, und überhaupt weniger wegen directer Störung der akustischen Mechanik, als wegen der secundären Veränderungen der Paukenhöhlenschleimhaut bedenklich zu sein scheint. Schon 1640 soll Banzer die Haut der Schweineharnblase zum angeregten Zweck vorgeschlagen haben, Autenrieth 1815 die Schwimmblase des Fisches, 1853 Toynbee Gummi. Welches Material gewählt werden wolle, jedenfalls scheint nicht der Abschluss der Paukenhöhle an sich, sondern der dadurch wiederhergestellte Druck auf den Hammergriff die Ursache einer erzielten Gehörverbesserung zu sein. Ein nach Innen gesteigerter Druck erhöht überhaupt oft die Thätigkeit der inneren Hörwerkzeuge, namentlich bei nervösen Affectionen, und hängt hiemit vielleicht der als Erschütterung wirksame Einfluss äusserer Geräusche zusammen, unter welchem seltsamer Weise manchmal die akustische, besonders phonetische Empfänglichkeit Schwerhöriger verfeinert wird. — Störende subjective Geräusche durch innere Ohrreizung verminderte Türck durch Fingerdruck auf den Zitzenfortsatz oder den ersten Halswirbel. —

§. 154. Die zweite Seite, welche ich oben im Sinne hatte, betrifft den therapeutischen Werth der Musik. Hier kann indess von einer scharfen physikalischen Erfassung des Gegenstandes kaum die Rede sein, vielmehr dürfte man bei Einzelbetrachtung aller einschlägigen Fälle einerseits zu überschwenglicher Erwartung, andererseits zu skeptischer Verneinung und Ablehnung veranlasst sein. Im Grossen und Ganzen halte ich für richtiger das letztere Verhalten, weil es sich im Sinne wissenschaftlicher Feststellung wenig um die an sich ebenso glaubhaften als schätzbaren Einzelfälle einer extremen Reizbarkeit, oder einer besonders glücklichen Combination selten zusammentreffender und fast undefinirbarer innerer und äusserer Factoren des organischen Geschehens handeln kann. Wer wollte zweifeln, dass durch harmonische Consonanzen und angenehme Melodie eine gewisse Beruhigung bebender Nerven, durch grelle, doch der Auflösung zustrebende Dissonanzen, namentlich in Verbindung mit bestimmten instrumentalen Klangfarben Anregung, durch Rhythmus und Intensität des Tonstückes, eine vorübergehende, doch vielleicht sogar

bestimmten Thätigkeitsformen günstige, Hebung des Tonus erzielt werden kann, aber man hat es immer mit psychischen Reizen zu thun, welche schon wegen der grossen Differenzen der individuellen Empfindlichkeit unberechenbar erscheinen und selbst besten Falles einen tiefen und beharrlichen Effect nur setzen werden, wenn entweder statt wirklicher krankhafter Zustände bloss Verstimmungen vorlagen, oder die therapeutische Hauptarbeit von gleichzeitig in Mitwirkung gezogenen reelleren Mitteln übernommen wird. — Anderseits mag aber auch nicht viel mehr Werth auf die, wie es scheint, glückliche Heilerfolge der edlen Kunst an Zahl und Stärke übertreffenden, Thatsachen gelegt werden, in denen ein verhängnissvoller musikalischer Einfluss keinesfalls zwar auf die materiellen Grundlagen der Gesundheit, doch auf die nervösen Spannungen und Schwingungen erkannt wird, welche wir als Ursachen der Gemüthstimmung, und in höherem Grade wohl auch des gesammten psychischen Befindens betrachten. Bei dem lebhaften Reflex geistiger Bewegungen auf muskulare und sekretorische Organe vulnerabler Subjekte ist möglich, dass auf diesem Wege auch somatische Vorgänge angeregt oder unterbrochen werden, wenn aber daraus in der musalgia des Camilli in Urbino von Belli eine förmliche Krankengeschichte gemacht wird, in welcher als Folgen der Anhörung eines Vecchiotti'schen Requiems Zittern, Thränen, Schweiss, Abspannung, Schwäche, ja während des dies irae vollständige Alienation der Phantasie vorkommen, so würden beim Zugeständniss einer allgemeinen Bedeutung des Falles in unzulässiger Weise eine Reihe subjectiver Erscheinungen zur Objectivität eines pathologischen Ereignisses emporgehoben.

Geisteskranken gegenüber ist die therapeutische Verwendung der Musik in ernstere Erwägung gezogen worden. (Schmidt's Jahrbücher der Medicin, 1861, XII). Auch hier Hauptwirkungen im Krankheitsverlauf für möglich zu halten, fällt mir schwer, von Nebeneffecten möchten aber mehr schlimme als gute zu registriren sein, und letztere grossentheils auf Rechnung der mit den musikalischen Productionen in Verbindung gebrachten gesellschaftlichen Einrichtungen und Vorkommnisse gestellt werden.

II.

Die Aetherschwingungen.

§. 155. Während die bisher betrachteten Erscheinungen wesentlich an wägbare Massen gebunden sind, gibt es eine Reihe von Vorgängen, bei denen jene an sich eine so untergeordnete und secundäre Rolle spielen, dass man sich den Ablauf der fraglichen Phänomene recht wohl ohne deren Dazwischenkunft und Mitwirkung vorstellen kann; natürlich nur, sofern es sich um den rein objectiven physikalischen Thatbestand handelt, während die materiellen Substrate nicht mehr entbehrlich sind, wenn, wie hier, bestimmte Wahrnehmungen hinsichtlich der betreffenden Ereignisse oder gewisse Wirkungen derselben untersucht werden. Auch dann wird man das äusserlich oder subjectiv Hinzugekommene vom Hauptprocess trennen, und für diesen nichts als die Existenz und Beweglichkeit eines Mediums voraussetzen, welches von den direct sinnenfälligen Stoffen vielleicht nur graduell verschieden, doch an ganz allgemeinen Eigenschaften derselben keinen Antheil nimmt, insbesondere der Nachweisung durch die Wägbarkeit sich entzieht. Fällt es so anscheinend unter den veralteten Begriff der Imponderabilien, so ist doch zur Präcisirung der modernen Auffassung nicht zu vergessen, dass mit diesen besondere Substrate, ja essentielle Träger einzelner physikalischer Erscheinungen oder der ihnen substituirten Kräfte gemeint waren, während wir es gegenwärtig mit einem allverbreiteten äusserst feinem, doch materiellem Bewegungsmedium zu thun haben, dessen optische und thermische Leistungen bis jetzt die einzigen genau bekannten sind, ohne dass damit die Wahrscheinlichkeit höchst vielseitiger Vermittlungen andrer Thätigkeitsformen ausgeschlossen wird.

1. Das Licht.

§. 156. Die Optik kann, sofern man bloss auf den objektiven Schwingungsvorgang des Aether Rücksicht nimmt, mit mathematischer Strenge und Allgemeinheit entwickelt werden, muss aber

selbst dann von gewissen Erfahrungen ausgehen, welche nur mit dem Sehorgan zu erwerben sind. So ist durch den Thatbestand eine nothwendige Verbindung zwischen objektiven und subjektiven Erscheinungen hergestellt, welche auch der reine Physiker nicht ignoriren darf, wenigstens wenn er nach formaler Festsetzung der optischen Gesetze an ihren empirischen Nachweis und ihre praktische Anwendung denken will. Es ist hiebei sehr schwierig, ja in aller Schärfe vielleicht unmöglich, physiologische Fragen ganz zu vermeiden, aber die eigentlichen Empfindungen und Wahrnehmungen des Gesichtes stehen doch zu weit ausser dem gewöhnlichen physikalischen Verlauf, als dass die Behandlung dieses einen Aufschluss über jene versprechen könnte. Es ist zwar wünschenswerth, aber vorerst unerreichbar, die ersteren nach der vollen Ausdehnung und Intensität ihrer Leistungen nach ausschliesslich optischen Principien zu erklären, es wird vielmehr um so häufiger, je dunkler die betreffende Region ist, nothwendig, physiologische Motive beizuziehen, womit eben zum grossen Theile die Aufgabe den methodischen Angriffen der Physik entrückt ist, welche sich besser auf diejenigen mehr äusserlichen Probleme beschränkt, bei deren Behandlung sie wirklich etwas leisten kann.

A. Die Brechung des Lichtes im Auge.

§. 157. Das menschliche Auge hat zwar im Wesentlichen die Einrichtung und refractorische Funktion sphärisch begrenzter Sammelapparate der Lichtstrahlen, doch aber so viel Eigenthümliches in der Form der Scheideflächen, der Anordnung der einzelnen Stoffschichten, und deren nur einseitiger Abschliessung durch Luft, dass hier die einfache Theorie der gewöhnlich sehr formregulären, gleichartig gefügten und rings von der Atmosphäre umgebenen Linsengläser nicht ohne Weiteres anwendbar erscheint. Von vornherein wäre an einer allgemeinen Lösung der physiologisch dioptrischen Probleme zu verzweifeln, wenn alle Besonderheiten des anatomischen Baues berücksichtigt werden sollten, aber selbst bei Erhebung über letztere durch Annahme eines schematischen Auges von mittleren Dimensionen und Formen (Listing), wird man noch die gewissermassen regulären Abweichungen von den Gesetzen der Sphärik vernachlässigen und die dem Sachverhalt nicht ganz entsprechende Annahme einer vollkommenen Centrirung der Brechungsflächen machen müssen, um zu einer klaren Darstellung der optischen Ereignisse zu gelangen. Im Sinne dieser Vereinfachung hat Listing folgende Zahlen aufgestellt:

Brechungsverhältniss aus Luft in wässerige Feuchtigkeit $\frac{103}{77}$

Brechungsverhältniss aus Luft in Krystalllinse	$\frac{16}{11}\left(\frac{112}{77}\right)$
" " " " Glaskörper	$\frac{103}{77}$
Krümmungshalbmesser der Hornhaut	8 mm.
" " vorderen Linsenfläche . . .	10 "
" " hinteren " . . .	6 "
Abstand des Hornhautscheitel von vorderer Linsenwölbung	4 "
Dicke der Linse	4 "

1869 wurden im Wiener physikalischen Institut nach der Methode goniometrischer Bestimmungen der prismatischen Ablenkung die Brechungsquotienten des Glaskörper und humor aqueus am Auge des Rindes und Kaninchen für die Frauenhofer'schen Hauptlinien genau gemessen und folgende für beide Substanzen unmerklich von einander abweichende Zahlen gefunden: B = 1,33291. C = 1,33345. D = 1,33586. E = 1,33780. F = 1,33972. G = 1,34335. H = 1,34585.

§. 158. Unter diesen Voraussetzungen erleiden die Lichtstrahlen, welche, wenn die Hornhaut allein da wäre, parallel auf diese fallend so gebrochen würden, dass ihr Vereinigungspunkt ungefähr 10 mm. hinter die Netzhaut zu liegen käme, Ablenkungen, welche aus der mathematischen Behandlung eines in den einzelnen Stücken dicht an einander gedrängten Linsensystemes unter der Erwägung herzuleiten sind, dass die Dimensionen der Brechungskörper durchaus nicht verschwindende Grössen darstellen und dass die Strahlen im letzten refractorischen Medium selbst verbleiben. Auch hier handelt es sich, um die Löslichkeit jedes speciellen Falles vorzubereiten, um die Aufstellung einiger fixer Punkte, deren Lage für die Anordnung der gebrochenen Strahlen massgebend ist. Der hintere und vordere Brennpunkt, in welchem beziehlich die von Vorn und Hinten kommenden Parallelstrahlen nach der Brechung im centrirten System des Augapfels vereinigt werden, liegen für das schematische Organ 22,647 mm. hinter und 12,8326 mm. vor dem Hornhautscheitel. Gleichfalls in Bezug auf den letzteren Ort liegt der erste Hauptpunkt 2,1746 mm., der zweite, in welchem das optisch und geometrisch gleiche Bild eines im ersten stehenden Objektes erscheint, 2,5724 mm. nach Rückwärts. Von den beiden Knotenpunkten, welche dahin bestimmt sind, dass ein durch den ersten laufender Strahl nach der Brechung durch den zweiten der früheren Richtung parallel geht, liegt jener 0,758 mm., dieser 0,3602 mm. vor der Linsenhinterfläche. Ohne namhafte Beeinträchtigung der optisch-mathematischen Resultate fand Listing zulässig, im reducirten Auge einen gemeinsamen Hauptpunkt 2,3448 mm. hinter dem Cornealscheitel, und ebenso nur Einen Knotenpunkt 0,4764 mm. vor der Linsenhinterfläche anzunehmen.

§. 159. Die allgemeine Optik stellt für die Grössen: n, Brechungs-Coëfficient des gewöhnlich von Luft begrenzten Mittels für den eintretenden, ν für den austretenden Strahl, r und ϱ, Radien der vorderen und hinteren Wölbung, f und φ, Vereinigungsweite nach der ersten und zweiten Brechung die bekannten Gleichungen auf

$$\frac{n}{f} + \frac{1}{a} = \frac{n-1}{r} \quad (1.$$

$$\frac{\nu}{\varphi} - \frac{1}{f-d} = \frac{\nu-1}{\varrho} \quad (2. \qquad \text{(Wüllner.)}$$

worin a den (variablen) Abstand des Strahlen aussendenden Punktes, d die in einfacheren Fällen als hier vernachlässigbare Dicke der brechenden Schicht bedeutet. Aus: (1. folgt $f = \frac{nar}{a(n-1)-r}$ und damit aus: (2. $\varphi = \nu\ (nar\varrho - \varrho d((n-1)a-r)) : (a((n-1)\varrho + n(\nu-1)r-(n-1)(\nu-1)d) + (\nu-1)dr-r\varrho)$

Die Entfernung des ersten und zweiten Hauptpunktes von der vorderen und hinteren Linsenfläche wird beziehlich durch die Gleichungen bestimmt

$$h_1 = \frac{(1-\nu)dr}{(n-1)\varrho + n(\nu-1)r-(n-1)(\nu-1)d}$$

$$h_2 = \frac{\nu(1-n)d\varrho}{(n-1)\varrho + n(\nu-1)r-(n-1)(\nu-1)d}. -$$

Für a $= \infty$ wird die zweite Hauptbrennweite oder der physiologisch hinsichtlich des räumlichen Verhältnisses der Netzhautlage zu den brechenden Medien wichtige Abstand des Vereinigungspunktes paralleler Strahlen vom zweiten Hauptpunkt

$$\varphi_1 = \frac{n\nu r\varrho}{(n-1)\varrho + n(\nu-1)r-(n-1)(\nu-1)d}$$

indem, wenn die Abstände der Bild- und Objektweite von den Hauptpunkten an gerechnet werden,

$$\varphi = \frac{\nu nar\varrho}{a((n-1)\varrho + n(\nu-1)r-(n-1)(\nu-1)d) - r\varrho}$$

wird.

Für die Knotenpunkte, deren Abstände von den entsprechenden Hauptpunkten k_1 und k_2 heissen mögen, wird verlangt, dass die von ihnen zu correspondirenden Punkten des Gegenstandes und Bildes gezogenen Geraden parallel seien, was, wenn Y und y die Entfernungen der betreffenden Punkte von der Achse des centrirten Systemes bedeuten, in dem Ausdruck formulirt werden kann

$$\frac{Y}{a-k_1} = \frac{y}{k_2-f} \quad (3$$

$$\frac{Y}{y} = \frac{a-k_1}{k_2-f} = -n\nu \cdot \frac{a}{f} \quad (4$$

Die Forderung, dass der zweite Knotenpunkt das Bild des ersten sei, lässt sich in der Gleichung aussprechen

$$\frac{1}{k_2} = \frac{1}{\varphi_1} - \frac{1}{n\nu k_1} \text{ oder } k_2 = \frac{n\nu\varphi_1 k_1}{n\nu k_1 - \varphi_1}$$

Durch Substitution dieses Werthes in den aus: (4 folgenden Ausdruck

$$\frac{(a - k_1)f}{n\nu a} = f - k_2 \text{ kommt}$$

$$\frac{f}{n\nu} - \frac{fk_1}{n\nu a} = f - \frac{n\nu\varphi_1 k_1}{n\nu k_1 - \varphi_1} \text{ oder für } f = \varphi_1 \text{ und } a = \infty$$

$$\frac{\varphi_1}{n\nu} = \varphi_1 - \frac{n\nu\varphi_1 k_1}{n\nu k_1 - \varphi_1}; \quad n\nu k_1\varphi_1 - \varphi_1^2 = n\nu\varphi_1 n\nu k_1 - n\nu\varphi_1^2 -$$

$$n\nu\varphi_1 n\nu k_1; \quad k_1 = \frac{\varphi_1}{n\nu} - \varphi_1.$$

Wird endlich der letzte Werth in den Ausdruck für k_2 eingesetzt, so kommt

$$k_2 = \frac{n\nu\varphi_1\varphi_1 \frac{1 - n\nu}{n\nu}}{n\nu\varphi_1 \frac{1 - n\nu}{n\nu} - \varphi_1} = \varphi_1 - \frac{\varphi_1}{n\nu}$$

Wo vor und hinter dem centrirten Linsensystem Luft gleicher Dichte liegt, sind n und ν reciproke Werthe, geben also im Producte 1, die Werthe von k_1 und k_2 werden Null, oder die Knotenpunkte fallen mit den Hauptpunkten zusammen. Wo wie im Auge jene Bedingung nicht erfüllt ist, bedeutet $\frac{\varphi_1}{n\nu} = f_1$ die erste Hauptbrennweite oder den Abstand des leuchtenden Punktes, für dessen Strahlen $f = \infty$ ist. Es verhalten sich nämlich in diesem Fall die beiden Brennweiten $\varphi_1 : f_1$ wie die Brechungsexponenten des von Luft in das betreffende Medium gehenden Lichtstrahles $= n : \frac{1}{\nu}$. —

Der Abstand der Knotenpunkte ist dann gleich demjenigen der beiden Hauptpunkte und ihre Entfernungen von den gleichnamigen Hauptbrennpunkten sind gleich den anderseitigen Hauptbrennweiten. —

§. 160. Was nun das factische Resultat des Strahlenverlaufes im Auge betrifft, so kann dasselbe unter günstigen Umständen direct veranschaulicht werden, indem nach Entfernung der Sclera und Choroidea auf der Netzhaut ein kleines, scharfes, verkehrtes Bildchen eines Gegenstandes erscheint, welcher so vor dem Auge steht, dass jedes einem seiner Punkte entstammende Strahlenbüschel nach der Brechung in diesem auf einem Punkte der Netzhaut vereinigt wird. Gelingt es, wie Volkmann beschreibt, an lebenden Menschen mit sehr hellen Haaren und Augen, in deren Aderhaut höchst wenig

Farbstoff angehäuft zu sein pflegt, das Retinabild zur objektiven Anschauung zu bringen, indem man dieselben veranlasst, das Auge möglichst auswärts zu drehen, und dann zur Seite der Sehachse im dunklen Zimmer eine Lichtflamme aufstellt, so überzeugt man sich, dass das objektive Auftreten des Bildchens und das subjektive Sehen des Gegenstandes zusammengehörige Acte sind. Es ergibt sich dabei, dass in beiderlei Sinn die volle Schärfe der Erscheinung nur erzielt wird, wenn ihr Ort eine gefässlose, aus lauter Nervenelementen, vornehmlich den sogenannten Zapfen zusammengesetzte Grube, der gelbe Fleck ist, woselbst allein direct gesehen wird. Je weiter davon entfernt eine Zeichnung entworfen wird, desto trüber und verwaschener fällt sie aus, desto undeutlicher wird sie empfunden. Da es jedoch wenigstens bekannten Dingen gegenüber immerhin zu einer brauchbaren Erkenntniss kommt, vergleicht Helmholtz sehr passend das Sehfeld des Auges einer malerischen Darstellung, in welcher nur der Mitteltheil genau ausgeführt, die Umgebung aber mit nach Aussen zunehmender Flüchtigkeit skizzirt ist. —

§. 161. Da in der Regel der Lichtstrahl am stärksten gebrochen wird, wo die Dichte der Medien sich plötzlich am beträchtlichsten ändert, was in unsrem System an der convexen Hornhautfläche der Fall ist, finden die aus der Luft ins Auge übergehenden Strahlen gleich beim Eintritt ihre stärkste Ablenkung, welche in der dahinter liegenden wässerigen Feuchtigkeit von fast identischem Brechungsindex mit demjenigen der Cornea wenig oder gar nicht geändert wird. Dagegen geschieht dies wohl in der verhältnissmässig ziemlich dichten und günstig geformten Linse, in Bezug auf deren polyzonalen Bau Helmholtz zwei optisch wichtige Sätze aufstellt:

1. Die Brennweiten der Krystallinse sind kleiner, als sie sein würden, wenn ihre ganze Masse das Brechungsvermögen des Kernes hätte.

Da dieser das Dichteste an der ganzen Linse ist, erscheint die Behauptung für's Erste überraschend. — Wie immer die Dichtigkeit in den concentrischen Schichten der Linse zu- und wieder abnehmen mag, jedenfalls können wir die Anordnung ohne wesentliche Alteration des Principes dadurch vereinfachen, dass wir den Kern als eine compacte biconvexe Linse beiderseits belegt denken mit einer, eigentlich aus sehr vielen Schalen bestehenden, convexconcaven Linse, welche von jedem Gegenstand ein aufrechtes virtuelles Bild entwirft, das vor der zweiten Linsenfläche liegt und ihr um so näher rückt, je grösser das Brechungsvermögen der Linse wird. Jede tiefere Schalenschicht trägt also zur Annäherung des besagten Bildes bei, welches, wenn

in Fig. 11. — b das durch die Gesammtlinse von a entworfene umgekehrte reelle Bild wäre, durch die Wirkung der Schale A auf a in

Fig. 11.

α, und durch diejenige von B auf b in β läge. Ist a unendlich weit, so bildet b den hinteren Brennpunkt der Linse, welcher bei Erhöhung des Brechungsvermögens von A (etwa auf diejenige von C) deswegen weiter nach hinten rücken würde, weil unter der besagten Voraussetzung das Bild α, das A von a gibt, näher an die Vorderfläche von C, hiemit β, das Bild von α durch C weiter gegen die hintere Grenze von B, und endlich b, das Bild von β durch B, von der Linse abgerückt würde, welche unter solchen Umständen in der That einen entlegeneren Brennpunkt hätte, als wenn, wie wirklich der Fall ist, die Schalen den Kern an Dichte nicht erreichen.

2. Die Entfernung der Hauptpunkte von einander ist in der Krystalllinse kleiner als in einer Linse, welche dieselbe Form und das Brechungsvermögen des Kernes hätte. — Da die Hauptpunkte, die von der Linse entworfenen Bilder ihres optischen Centrums, den Grenzflächen um so näher rücken, je grösser das Brechungsvermögen der Substanz ist, so erreicht ihr Abstand für den hier als extremsten hingestellten Fall gleicher Dichte aller Schichten einen Maximalwerth, welcher indess am menschlichen Auge nur 0,25 mm. beträgt. —

§. 162. Nach Feststellung der allgemeinen Begriffe findet man überall den zu einem aussen gelegenen Lichtpunkt gehörigen Bildpunkt, indem man durch ihn und den Knotenpunkt eine Gerade bis zur Netzhaut zieht. Alle in dieser Weise construirten Richtungslinien des Sehens schneiden sich demnach in dem als einfach angenommenen Knotenpunkt. Lässt man zwei der letzteren gelten, so ist statt der einzigen Sehrichtungslinie ein System zweier Parallelen zu ziehen, deren eine vom leuchtenden Punkt zum ersten, die andre vom zweiten Knotenpunkt bis zur Netzhaut läuft. — Da der Lichtstrahl an der Hornhaut und in der Linse eine merkliche Ablenkung erfährt, wird er nicht ganz von der offenbar nur eine ideale Bedeutung beanspruchenden Richtungslinie gedeckt, wohl aber von deren Stücken vor dem Auge und im Glaskörper. Die hierin gegebene Direction nennt Helmholtz den Richtungsstrahl, und falls die Stelle des scharfen Sehens getroffen wird, die Gesichtlinie,

welche von der geometrischen oder anatomischen Augenachse vor dem Auge ein wenig nach Innen, oft auch nach Oben, im Auge entsprechend nach Aussen und Unten abweicht.

B. Zerstreuungsbilder und Accommodation.

§. 163. Da Object- und Bildweite für jeden optischen Sammelapparat conjugirte Grössen sind, kann das Auge nur von solchen Gegenständen auf der Netzhaut genaue Zeichnungen entwerfen, welche in bestimmtem Abstand stehen. Alle näheren und ferneren Dinge müssten uns eigentlich undeutlich erscheinen. Dass wir uns dies nicht immer zum Bewusstsein bringen, vielmehr Vieles in verschiedentlicher Entfernung gleichzeitig scharf zu erkennen meinen, hat darin seinen Grund, dass sehr oft das erfahrungs- und gewohnheitsmässige Urtheil an Stelle der Sinneswahrnehmung tritt, dass ferner eben doch immer nur ein Gegenstand unsre Aufmerksamkeit fesselt, und das andre angeblich simultan Erkannte erst nach und nach in Betracht gezogen wird, dass endlich der hiezu nothwendige und ausreichende Einrichtungsvorgang im Auge rasch und sicher genug abläuft, um uns den betreffenden Wechsel übersehen zu lassen.

Der optische Beweis für die Unmöglichkeit, bei demselben Zustand des Auges gleichzeitig in allen Entfernungen gut zu sehen, liegt in den Zerstreuungsbildern.

Das Strahlenbüschel abc (Fig. 12) wird durch die Brechung in den hinter bc gelegenen Augenmedien in d vereinigt; steht hier die Netzhaut, so kommt es zur scharfen Projection und Anschauung eines Lichtpunktes, liegt sie aber weiter vorn oder hinten, so bilden die Strahlen vor oder nach ihrer Durchschneidung einen Zerstreuungskreis ef oder gh, dessen Grösse und Form im Uebrigen von der

Fig: 12.

Oeffnung ik abhängt. Indem sich dasselbe für die unzähligen Punkte eines Licht aussendenden Gegenstandes wiederholt, fallen statt einer scharfen mosaikartigen Aneinanderlagerung der Bildpunkte die an ihre Stelle tretenden Zerstreuungskreise vielfach übereinander, aus welcher gegenseitigen Störung der Einzeleindrücke die unklare, nebelig ver-

schwommene Anschauung zu ferner und zu naher Gegenstände sich erklärt. Man sieht nämlich leicht, dass wir ebenso gut, als bei der ersten Betrachtung der Fig. 12 die Netzhaut verschiebbar nacheinander in d, ef, gh angenommen wurde, diese ein für allemal in d stehen lassen, dagegen den leuchtenden Punkt successive nach a, a', a'' mit den zugehörigen refractiven Vereinigungsweiten in d, d', d'' versetzen können; nur die erste Combination führt unter der gegebenen Sehweite zur punktuellen Bilderzeugung auf der Netzhaut; im zweiten Fall entsteht an ihr der Zerstreuungskreis $\alpha\beta$, im dritten $\gamma\delta$. Ersichtlich könnten dieselben vermieden und in die scharfen Bilder d' oder d'' verwandelt werden, wenn die Netzhaut entsprechend verschiebbar wäre. Die Natur hat indess einen andren Weg zur Einrichtung des Auges für die Nähe und Ferne eingeschlagen. — Soll nämlich das Strahlenbüschel a$_1$bc statt in d' schon in d zur Vereinigung kommen, so ist dazu eine Vermehrung der Convergenz id'k auf idk nöthig und ausreichend; sie kann erzielt werden durch Einschiebung einer passenden biconvexen Linse oder, wenn eine solche wie im Auge schon da ist, durch Verstärkung ihrer Wölbung. In der That geschieht Letzteres bei der Adaption für die Nähe und der optische Beweis dafür ist uns wichtiger, als der physiologische Act der Ausführung im lebenden Organe.

Man sieht durch ein gesundes Auge von einer im Dunkel aufgestellten Lichtflamme drei Bilder gespiegelt, ein sehr helles aufrechtes und verkleinertes als Hornhautreflex, ein ebenfalls aufrecht verkleinertes aber lichtschwacheres durch die Zurückwerfung der Strahlen von der vorderen Linsenfläche, und ein verkehrtes verkleinertes, mattes Flammenbild in Folge der Hohlspiegelwirkung der hinteren Linsenfläche. Accommodirt sich nun das beobachtete Auge für die Nähe, so erleiden das erste und dritte Bild keine merkliche Veränderung, während das zweite sich auffallend verkleinert. Es wird demnach jetzt von einem mehr convex gewordenen Spiegel entworfen. In der That ist diese vermuthlich durch Contraction der Iris und des Ciliarmuskels wie durch Abspannung der zonula erwirkte Zunahme der vorderen Linsenwölbung die hauptsächlichste Adaptionsveränderung im Auge, wogegen die viel schwächere Steigerung der hinteren Convexität, Nachvorwärtstreten des Pupillarrandes der Iris und des vorderen Linsenscheitels, sowie die wie es scheint nicht durchweg constante, und, allerdings höchst ausnahmsweise, willkürliche Verengerung der Pupille an Bedeutung zurücktreten.

Die Accommodation des Auges ist nie ganz streng auf einen einzigen Punkt berechnet, sondern man sieht immer über eine gewisse Strecke hin, welche man die Accommodationsbreite nennen kann, gleich gut. Diese Linie ist für grössere Entfernungen sehr lang, indem bei Einstellung eines gesunden Auges auf Unendlich noch die

Zerstreuungskreise für Gegenstände im Abstand von 12 m. verschwindend klein ausfallen. Dagegen verkleinert sich der Spielraum bei Annäherung ans Auge sehr, so dass bei Adaption für die Nähe die Objekte nur wenig aus der richtigen Schweite verrückt werden dürfen, um scharf erkennbar zu bleiben.

Die absolute Dimension der Accommodation ist wenigstens für normale Augen sehr beträchtlich, indem der Nähepunkt 4–5″ vom Auge, der Fernpunkt aber in einem Abstand liegt, welcher sich nicht allgemein angeben lässt, jedenfalls indess so gross ist, dass die Mehrzahl der Dinge noch innerhalb desselben liegt, und selbst für die entlegensten astronomischen Objecte der mangelhafte Eindruck auf das Sehorgan mehr der enormen Abschwächung der Lichtintensität als der zu grossen Entfernung an sich beigeschrieben werden kann. Vollkommen normale Augen sind jedoch äusserst selten. In den meisten Fällen vielmehr erscheinen auch solchen, welche als durchaus fehlerfrei gelten, die Sterne in strahligen Bildern, was auf eine ungenügende Adaption hinweist. Sicher ist, dass erst ungefähr bei 70 Meter Abstand des leuchtenden Punktes der Durchmesser des Zerstreuungskreises mit der fast noch verschwindenden Grösse von 0,001 mm. messbar zu werden anfängt.

§. 164. Eine merkliche Beschränkung der Accommodationsbreite überschreitet mehr oder weniger die Grenzen der physiologischen Zulässigkeit, und zwar nach zwei Seiten, indem entweder sowohl der Nähe- als der Fernpunkt verhältnissmässig sehr nah ans Auge heranrücken, oder der erstere demselben ferner als gewöhnlich tritt, ohne dass anderseits der zweite in gleichem Grade hinausverlegt würde.

Den grössten Fortschritt in der Erkenntniss und hiemit auch in der Behandlung dieser Refractionsanomalien verdanken wir Donders, welcher zuerst die der Forschung höchst förderliche Unterscheidung zwischen den dem Ruhezustand des Auges angehörigen derartigen Anomalien und ihren den mangelhaften Accommodationsformen entsprechenden Modificationen aufstellte und scharf durchführte. — Was unter jenem „Ruhezustand des Sehorganes" verstanden werde, ist freilich nicht so einfach festzustellen, als es den Anschein hat. An eine mittlere Beschaffenheit der brechenden Medien und ihrer Einstellung zu denken, liegt nahe, leidet aber an dem in der naturwissenschaftlichen Methodik schwer wiegenden Fehler der Unbestimmtheit, indem eine Vereinbarung über die concrete Bedeutung des völlig allgemein vorweggenommenen optischen Mittelwerthes wenig Aussicht hat. Ueberdiess hat die Erfahrung die Frage schon in andrem Sinne wenn nicht entschieden, doch der wahrscheinlichsten Lösung entgegengeführt, indem das unter Liderschluss geruht habende, unbefangen

geöffnete Auge stets in der Adaption auf den Fernpunkt angetroffen wird, diese Accommodationsform ferner dauernd beibehalten bleibt, wenn Veränderungen der Anpassung durch Lähmung des motorischen Augennerven unmöglich geworden sind, endlich die toxische Wirkung des Atropin gleichfalls immer die Fernadaption zur Folge hat. Was die in derselben Weise entscheidende subjective Empfindung betrifft, hat Helmholtz unzweifelhaft Recht, sie an normalen Augen als verstärkenden Beweis für die gewöhnliche Einrichtung auf den Fernpunkt anzunehmen, Kurzsichtige dagegen werden in dieser Hinsicht leicht einer Täuschung verfallen, weil ihnen die eminent active Anstrengung wohl bekannt ist, welche sie machen müssen, um zu weit abstehende Gegenstände einigermaassen scharf zu sehen. Es bedarf kaum der Bemerkung, dass es sich hier im Wesentlichen nicht um die Accommodation, sondern um eine Muskelthätigkeit der äusseren Schutzorgane handelt, welche durch Abblendung der Randstrahlen die Zerstreuungskreise verkleinern soll und überall nur beschränkten Vortheil gewährt. Donders verlegt die normale Lage des Fernpunktes in unendliche Entfernung, verlangt also von einem vollkommenen Auge die zur richtigen physiologischen Wirkung führende refractive Vereinigung paralleler Strahlen. Aus den Worten ὤψ, Auge, und ἔμμετρος, Maass haltend, bildet er zur Bezeichnung eines solchen Organes das Adjectiv: emmetropisch. Die hiemit gegebene Qualificirung bezieht sich also ausschliesslich auf den Brechungsvorgang und lässt beliebige Abweichungen von der anatomischen Norm unberücksichtigt. Ausserhalb der beiderseitigen Grenzen des emmetropischen Zustandes steht die Hypermetropie und Brachymetropie, denen beziehentlich die Vereinigungsmöglichkeit auch convergenter, oder nur divergenter Strahlen zugeschrieben wird. Wir haben also nach der gewöhnlichen Sprechweise im ersten Fall weit-, im zweiten kurzsichtige Augen vor uns, welche beide als ametropische zusammengefasst werden. — Die Ursache dieser Refractionsanomalien könnte in Krümmungsabweichungen der Linsenflächen oder der Hornhaut liegen, wird indess in diesem Sinne selten oder nie wirklich vorgefunden, während vielmehr in der Regel eine Unregelmässigkeit in der Länge der Augenachsen erkenntlich ist, wonach der Drehpunkt der hypermetropischen Augen zu weit nach vorn, derjenige der brachymetropischen zu weit nach hinten verschoben zu sein pflegt. — Für die thatsächliche Leistungsfähigkeit der Accommodirung ist das natürliche Verhalten der Augen nicht allein maassgebend, sondern auch die räumliche Erstreckung ihres adaptiven Vermögens unter den künstlichen Bedingungen optischer Mithilfe, durch welche die verglichenen Augen auf den nämlichen Brechungszustand gebracht werden. Es geschieht dies durch convexe oder concave Glaslinsen, welche jenes allein bewerkstelligen und nament-

lich die Bilder weder vergrössern noch verkleinern sollen, wozu streng genommen verlangt werden muss, dass ihr hinterer Knotenpunkt mit dem vorderen des Auges zusammenfällt. Bedeutet F den natürlichen Abstand des Fernpunktes für ein Auge, N denjenigen seines Nahpunktes, A die Entfernung des nächsten Punktes, für welchen man unter Beihilfe eines Zerstreuungsglases die Accommodirfähigkeit dieses Auges wünscht, so steht $\frac{1}{A} = \frac{1}{N} - \frac{1}{F}$ als Maass der Adaptionsbreite. Indem diese Grösse mit zunehmendem Alter stetig abnimmt, überdies der Fernpunkt nach Aussen rückt, vielleicht weil die Krystalllinse fester wird, emmetropische Augen also mit der Zeit hypermetropisch und brachymetropische weniger kurzsichtig werden können, wurde oft und lang die Weitsichtigkeit überhaupt als Presbyopie bezeichnet, welchen Namen nun Donders auf die vitalnatürliche Verminderung der Accommodirfähigkeit beschränkt. —

In weiterer Verfolgung der ocularen Refractionsanomalien unterscheidet Donders die absolute, binoculare und relative Accommodationsbreite. Erstre mit einem aus obiger Formel berechneten und an einem fünfzehnjährigen Emmetropen wirklich beobachteten Maximalwerth von $\frac{1}{3,69}$ hat einen Fernpunkt für parallele und einen Nähepunkt für stark convergente Strahlen, welch letzterer hiebei ferner liegt, als der Convergenzpunkt. Im zweiten Falle „wird die Convergenz nicht stärker gemacht als zur Fixirung des Punktes, für den man accommodirt, nöthig ist.“ (Helmholtz). Die dritte bezieht sich nur auf einen schon gegebenen Grad von Strahlenconvergenz und variirt danach sehr im Werth.

Um das physikalische Corrertiv refractiver Anomalien des Auges zu finden, ist die Bestimmung seines Nah- und Fernpunktes sehr wichtig. Den Nahpunkt fixirt Donders, um einer genügenden Accommodationsanstrengung sicher zu sein, auf 8 Zoll Augenabstand und findet in den hiezu etwa nothwendigen Convexlinsen ein Maass der natürlichen Abweichung. Den Abstand des Fernpunktes erhält man unmittelbar gegeben in der Brennweite der stärksten convexen und der schwächsten concaven Linsen, welche beziehlich einem hypermetropischen und brachymetropischen Auge einen weitabliegenden Gegenstand scharf erkennen lassen.

§. 165. Im Allgemeinen und abgesehen von speciell fehlerhaften Einrichtungen des Auges ist der Weit- und Kurzsichtigkeit abhelfbar, indem dort Sammel-, hier Zerstreuungslinsen von einer brechenden Kraft in die Sehstrahlen eingeschaltet werden, welche gerade hinreicht, einerseits durch Vermehrung, anderseits durch Ver-

minderung der Convergenz der letzteren ihren genauen Durchschnitt auf der Netzhaut zu bewerkstelligen.

Bedeutet a und b Object- und Bildweite, welch letztere im Sinne unserer gegenwärtigen Betrachtung der wirklichen Sehweite entspricht, f aber die Brennweite einer convexen Linse, so ist allgemein $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$, woraus $f = \frac{ab}{b + a}$. Nachdem in dieser Formel b einen bestimmten Sinn erhalten hat, ist die ihm conjugirte Grösse a als die normale Sehweite aufzufassen, denn die Linse von der Brennweite f soll so wirken, dass von einem in a stehenden Gegenstand in b ein Bild entworfen wird, welches dann dem mit dieser anomalen Sehweite ausgestatteten Auge deutlich erscheinen wird. Da Bild und Object hier auf derselben Seite der Linse liegen, ist b negativ zu nehmen, also

$$f = \frac{-ab}{-b + a} = \frac{ab}{b - a} \quad (1. -$$

Für das dem myopischen Auge nothwendige Zerstreuungsglas von negativer Brennweite lautet die allgemeine Formel

$-\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$, woraus $f = \frac{-ab}{a + b}$ oder, da wie oben b negativ zu nehmen ist, $f = \frac{ab}{a - b}$ (2. —

Für die Anwendung dieser Ausdrücke ist, wenn die Normal-Sehweite ein für allemal zu 250 Millimeter festgesetzt wird, die anomale Sehweite des gegebenen Auges zu bestimmen, wozu neben der einfachen Probe mittels einer Druckschrift die Optometer dienen.

§. 166. Steht in Fig. 12 der sichtbare Punkt a in der richtigen Sehweite vor dem Auge bc und wäre dies von einem undurchsichtigen Schirm bedeckt, in welchem bloss die beiden Oeffnungen b und c, feiner und näher beisammenstehend, als die Weite der Pupille, angebracht sind, so treffen sich die zwei allein zugelassenen Strahlen genau im Punkte d auf der Netzhaut und man sieht desshalb a einfach. Wird dagegen das Object aus der Sehweite nach $a_,$ oder $a_{,,}$ verrückt, so findet der Durchschnitt der ins Auge tretenden Strahlen beziehlich in $d_,$ oder $d_{,,}$ statt, die Netzhaut wird also in den beiden Punkten α, β oder γ, δ gereizt und der Gegenstand erscheint doppelt. Nach diesem altberühmten Scheiner'schen Versuch genügt zur Auffindung der Sehweite eines Auges die Feststellung des Abstandes, in welchem durch zwei enge Löcher vor Einer Pupille ein feiner Gegenstand einfach gesehen wird. Stampfer gründete hierauf mit geringer Modification in der Anstellung des Versuches ein Optometer, an welchem die gleichgewendeten Enden zweier in einander verschiebbaren Röhren mit einer linearen Licht-

spalte, und zwei ebenfalls senkrecht linienförmigen parallelen Seh-öffnungen versehen sind. Wird die erste Röhre so lang verschoben, bis durch die letzteren jene scharf einfach erkannt wird, so entspricht der Abstand beider Schirme von einander der wirklichen Sehweite. Gewöhnlich aber gibt auf einer der Röhren-Achse parallelen Skala die nach Herstellung des erwähnten Resultates am Rand der zweiten Röhre einstehende Zahl ohne Weiteres die in Zollen ausgedrückte positive oder negative Brennweite der passenden Brille, — eine Angabe, welcher indess nur annäherungsweises Vertrauen geschenkt werden sollte, — auch wenn, so weit es angeht, das arithmetische Mittel genommen wird zwischen dem Werth der Einstellung, für welchen der dunkle Mittelstreifen gerade verschwindet, und demjenigen, bei welchem er wieder zum Vorschein kommt.

Im physikalischen Kabinet zu Bamberg fand ich ein Optometer, wie es scheint vor mindestens zwanzig Jahren erworben, und im Gebrauch einigermassen an den 1863 von Burow gemachten Vorschlag der optometrischen Bestimmung erinnernd, unbeschadet natürlich der Originalität und Eigenthümlichkeit des letzteren. Am Ende eines nahe 1,5′ P. langen, vierkantigen, in Zolle und Linien abgetheilten, mittels eines Charnieres auf hölzernem Fuss in einer vertikalen Ebene drehbaren Stabes ist eine Biconvexlinse von 9″ P. Brennweite angebracht. Weil ein Normal-Auge Parallelstrahlen auf der Netzhaut vereinigt, die aus dem Brenn-Punkt der Linse kommenden Strahlen aber in ihr parallel gemacht werden, soll jenes eine in 9″ Abstand von einer verschiebbaren federnden Messing-Klemme getragene Druckschrift mittlerer Art bei dichter Anlage an der Linse lesen können. Dieses Vermögen habe ich bei der Prüfung meiner Zuhörer, jährlich zwischen 20 und 30 Jünglingen von 18—22 Jahren, durchschnittlich nur bei einem Drittel vorgefunden. Abgesehen von ein paar Fällen der Hypermetropie oder vielleicht eines sehr starken Astigmatismus musste stets der Schrifthalter zur deutlichen Erkennung des Druckes näher geschoben werden. Bei mir selbst ist dies bis auf 3″ Abstand nothwendig. Da das deutlich Erkannte natürlich auf die eigenthümliche Sehweite projicirt wird, ist in dieser das virtuelle Bild zu suchen, welches eine gleichseitig biconvexe Linse mit 9″ Brennweite von einem 3″ entfernten Gegenstand entwirft, oder es gibt umgekehrt die der letzteren Objectweite conjugirte Bildweite die natürliche Sehweite des geprüften Auges. Es steht demnach

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{x} + \frac{1}{E}$$

$$\frac{1}{9} = \frac{1}{x} + \frac{1}{3}$$

$$x = 9 + 3x$$

$$x = -\frac{9}{2} = -4{,}5$$

worin F die Brennweite, E die Objectweite, x die zugehörige Bildweite bedeutet, welche wegen der hinsichtlich der Linse gleichseitigen Lage von Object und Bild negativ ausfällt.

Mit dieser Sehweite finde ich aus der Brillenformel: (2.

$$f = \frac{ab}{a-b} = \frac{10 \times 4,5}{10 - 4,5} = \frac{45}{5,5} = 8 \ldots \text{(rund)}$$

als die Zerstreuungsweite des mir zusagenden concaven Glases, was durch die Probe mit dem Stampfer'schen Optometer bestätigt wird. —

Schliesslich mag Lehot's 1829 erfundenes Opsiometer erwähnt werden, dessen wesentliches Stück ein horizontaler weisser Seidenfaden bildet. Ein den Faden entlang blickendes Auge sieht ihn zunächst doppelt, dann einfach, zuletzt wieder doppelt; jene mittlere Strecke bezeichnet an ihrer inneren und äusseren Grenze den Minimal- und Maximalwerth der deutlichen Sehweite.

C. Die Abweichungen im Auge.

§. 167. Die aus der allgemeinen Optik bekannten beiden Modalitäten, unter denen die punktuelle Vereinigung homocentrischer Strahlenbüschel bei der Brechung in Frage gestellt wird, sind auch dem Auge nicht erspart. Man kann den Anlass dazu als einen subjectiven und objectiven auseinanderhalten, obwohl der erstere insofern nie fehlt, als es sich beim Sehen für den Organismus immer um ein internes Ereigniss mithandelt.

§. 168. Setzen wir vollkommene Gleichartigkeit in den physikalischen Processen der Lichterzeugung und Fortpflanzung voraus, so erfährt ein objectiv durchaus homogenes Strahlenbündel wegen gestaltlicher Eigenthümlichkeiten im und am Auge doch nicht in allen Theilen dieselbe Ablenkung und es kommt namentlich zu mehrfachen Vereinigungspunkten oder zu einem Ersatz des Brennpunktes durch eine Brennlinie, welche für sphärische Linsen auf der Hauptachse in einer Erstreckung liegt, deren innere und äussere Grenze von den Vereinigungspunkten der extremsten Rand- und mittelsten Central-Strahlen bestimmt wird. — Die einfache Ableitung dieser monochromatischen Abweichung aus den sphärischen Grenzflächen der brechenden Medien, welche bloss um den Scheitel herum eine solche Gleichförmigkeit der Krümmung oder der Neigung gegen die einfallenden Strahlen haben, dass diese gegen denselben Punkt hingelenkt werden, während der stärkere Abfall gegen die Linsenkante hin eine beträchtlichere Brechung und frühere Vereinigung der peripherischen Lichtwellen veranlasst, ist am Auge unzulässig, weil dessen Formen von den sphärischen sehr bedeutend differiren können. Desshalb erscheinen bei ihm die Unregelmässigkeiten der Bilder, welche man in Folge der monochromatischen Abweichung beim Anschauen eines hellen Punktes durch eine enge Oeffnung jenseit der Accommodations-Weite oder bei Betrachtung einer

feinen Lichtlinie erhält, nicht symmetrisch um die Achse des Organes gruppirt, wie es bei einem sonst ähnlichen gut centrirten Glaslinsensystem der Fall wäre, sondern in einer verwirrten anscheinend ganz willkürlich da überwuchernden dort eingezogenen Strahlenvertheilung. Demungeachtet sind die Erscheinungen bestimmten Gesetzen unterworfen und fügen sich einer gewissen allgemeinen Anordnung. Namentlich kann man alle gewöhnlichen Vorkommnisse einem regulären und einem irregulären Astigmatismus (aus α privativum und στίγμα (Brenn-) Punkt) von Whewell zusammengesetzt) subsumiren. Die ersteren, fast ausschliesslich von, in den einzelnen Meridianen verschiedenartigen, Krümmungen der Hornhaut herrührend machen sich wohl in jedem menschlichen Auge mehr oder weniger bemerklich, und können in ihrer Grösse mathematisch bestimmt werden. Die verschiedene meridionale Krümmung der astigmatischen Augen verleiht denselben für jede bestimmte Linienrichtung eine besondere Sehweite, deren Maximal- und Minimalwerth bei derselben allgemeinen Accommodation des Auges P und p sein mag; dann ist das Maass des Astigmatismus in der Formel gegeben $As = \frac{1}{p} - \frac{1}{P}$. Er wird ersichtlich Null für $p = P$, was einer vollkommen sphärischen Bauart des Auges, also gleicher Brennweite in allen Meridianen entspricht. Solang der wohl immer in positiven Zahlenwerthen ausdrückbare Werth des Astigmatismus kleiner als $\frac{1}{40}$ ist, hält Helmholtz seine Störungsfolgen für unerheblich, darüber hinaus aber für so beträchtlich, dass eine Abhilfe nothwendig erscheint, welche am besten geleistet wird von cylindrisch geschliffenen Gläsern mit der Brennweite As. Die Achse des Cylinders, wozu die Schliffflächen gehören, soll, wenn diese convex sind, der Richtung der am fernsten erkannten Linien parallel, sind sie concav, dazu senkrecht sein. Ein sphärischer Schliff der zweiten Brillenfläche mag etwa gleichzeitig bestehender Hyper- oder Brachymetropie zu Diensten sein. — Zur Messung des Astigmatismus empfiehlt Javal die Betrachtung zweier von je 24 Durchschnittlinien gebildeten Sterne durch Convexlinsen. Nachdem jene soweit abgerückt worden sind, dass nur noch Eine Linie ganz scharf erscheint, werden Cylindergläser, je nach Bedürfniss einfach oder in Doppelcombination, eingeschaltet, welche bei richtiger Wahl die Zeichnungen wieder vollständig erkennen lassen. Da nun Cylinderlinsen bei senkrechter Kreuzung der Kanten nicht astigmatisch wirken, bei schiefwinkeliger Schneidung der letzteren aber einen beliebigen Werth des Astigmatismus repräsentiren, so findet der natürliche Grad des letzteren eine Messung in dem zu seiner Correction nothwendigen Grade des künstlichen. — Derselbe Forscher gibt an, in Deutschland, England und

Frankreich fast durchweg die vertikalen Augenmeridiane stärker gekrümmt gefunden zu haben und bringt dazu die daselbst herkömmlichen überwiegend aufrecht gelagerten, also hinsichtlich einer scharfen seitlichen Begrenzung in den (der Fern-Adaption entsprechenden) flacheren Horizontal-Meridianschnitten des Auges weiter erkenntlichen Schriftzüge in Beziehung (?). — Bei den Juden soll man dagegen öfter das entgegengesetzte Verhalten finden. — Ich bezweifle, ob das fragliche astigmatische Symptom ein nationales Unterscheidungsmerkmal abgeben kann, halte vielmehr die Anordnung der Meridiane von differenter Krümmung für eine individuell höchst wechselvolle, doch allerdings auf Grund von ungefähr 73 prc. meiner desfallsigen Prüfungen und muthmasslich auch mit allgemeiner Giltigkeit den Befund für den häufigsten, welchen Helmholtz und Fick für ihre eigenen Augen angeben, dass nämlich vertikale Linien im weiteren Abstand deutlicher gesehen werden, als horizontale. Ich selbst finde mich im entgegengesetzten Falle, doch beträgt der Unterschied der Maximalabstände der scharfen horizontalen (100 mm.) und vertikalen (90 mm.) Linien nur 10 mm. — Young berichtet auch das letztere Resultat von seinen Augen, aber mit viel grösseren absoluten Werthen und einem Brennpunktunterschied der wag- und senkrechten Strahlen von 0,422 mm.; derselbe überzeugte sich, dass diese sehr bedeutende Mangelhaftigkeit seiner Seheinrichtung ungeschwächt verblieb, wenn er durch Versenkung des Auges unter Wasser die Cornealbrechung fast gänzlich aufhob. Hier lag also die Hauptursache keinesfalls in Krümmungsunregelmässigkeiten der Hornhaut, welche sonst wohl neben der ungenauen Centrirung der brechenden Medien vornehmlich den Astigmatismus bedingen. Irreguläre Wölbungen der Krystalllinse können mitwirken, doch auch wenn sie im entgegengesetzten Sinne angeordnet sind, den von der Cornea verschuldeten Astigmatismus theilweise verbessern. —

Die zweite Art des Astigmatismus, die irreguläre (polyopia monocularis) ist, sofern nicht Geschwüre oder konische Auswüchse der Hornhaut ein besondres pathologisches Moment bilden, ausschliesslich von der Linse herzuleiten, mit deren Verlust auch die in Rede stehenden optischen Symptome wegfallen. Donders' Prüfung der einzelnen Linsen-Sectoren ergab, dass weder die Brennpunkte der verschiedenen Sectoren zusammenfallen, noch die Vereinigungsweite der einen einzelnen Sector treffenden Strahlen vollkommen genau ist, dass vielmehr wegen des früheren Durchschnittes der peripherischen Strahlen in jedem Zerstreuungskreise vor der genauesten Vereinigungsstelle das Licht gegen den Rand, dahinter aber gegen die Mitte concentrirt wird. —

§. 169. In zweiter Linie liegt eine Ursache des differentiellen Verhaltens der refractiven Lichtverbreitung in der Anordnung oder Mischung der Lichtwellen, wie wir sie in ihrer Verschiedenartigkeit unter den Empfindungen der *Farben* kennen lernen. Da die in den letzteren zwar höchst bestimmt, doch nur rein subjectiv festgestellte Charakteristik auf Geschwindigkeitsunterschiede der Aetherschwingungen zurückkommt, diese aber überall, wo das Grössenverhältniss der atomistischen Abstände und der Lichtwellenlängen nicht vernachlässigt werden darf, zu einer refractiven Sonderung der in sich gleichartigen, unter sich aber verschiedenen Wellenzüge führen, haben wir einen weiteren objectiv begründeten Anlass zur Entstehung mehrerer Brennpunkte desselben Strahlenbündels. — Allerdings macht sich beim gewöhnlichen Sehen die *Farbenzerstreuung* nie sonderlich bemerkbar, so dass die Vermuthung, das Auge sei ein *achromatischer Apparat* um so mehr entschuldigbar war, als im polyzonalen Bau der Linse und in dem peripherischen Schutz der contraktilen Iris eine wenigstens theilweise befriedigende physikalische Erklärung jener Annahme sich darzubieten schien. Ob diese, ohne Zweifel der Sehschärfe zu gut kommenden Momente nicht vielmehr auf die erste, als die zweite Abweichung zu beziehen sind, oder ob wirklich dadurch die an den Randstrahlen merkbarste Farbenzerstreuung vermindert werde, ist gleichgiltig, denn es bedarf überhaupt keiner Erklärungsversuche für eine unzutreffende Voraussetzung. — Das Auge ist eben thatsächlich von der Farbenabweichung durchaus nicht frei, und dass uns deren Einfluss fast unbekannt bleibt, ist bloss in dessen Geringfügigkeit begründet, indem der Brennpunkt der violeten Strahlen höchstens 0,62 mm. vor dem der rothen liegt. Trotz ihres geringen Werthes muss man die *chromatische Abweichung* nachweisen oder mindestens an sich selbst constatiren können.

Frauenhofer beobachtete zu diesem Zweck ein prismatisches Spectrum durch eine achromatisirte Fernröhre, dessen Ocular ein Fadenkreuz besass. Dieses musste der Ocularlinse näher geschoben werden, wenn es bei Einstellung des violeten Spectraltheiles scharf gesehen werden wollte, als wenn das rothe Ende des Spectrums vorlag. Während hier eine Messung möglich war, welche *Helmholtz* durch die Angabe ergänzt, dass die Sehweite seines Auges für rothes Licht 8′, für violetes dagegen 1,5′ betrage, kann man von der Sache selbst sich auch in einfacherer Weise unterrichten. — Sehr geeignet finde ich dazu den *Scheiner'schen Versuch* am *Stampfer-schen Optometer*. Steht die Spalte innerhalb meiner Sehweite, so erblicke ich den mittleren dunklen Streifen blau, die äusseren Ränder der hellen aber orangegelb, umgekehrt bei Verschiebung der Spalte über den Normalpunkt hinaus jenen gelb und diese blau. Natürlich ist diese Beobachtung nur eine besondere Form der allge-

meinen Erfahrung, dass weisse Flächen, welche jenseit der Accommodationsgrenze liegen, von einem blauen Rand, solche, die dem Auge näher als der Adaptionspunkt liegen, von einem gelbrothen umgeben sind, was sich aus Betrachtung der Fig. 13 erklärt, in

Fig. 13.

welcher a die Lichtquelle, bve den violeten, bre den rothen Strahlenkegel bedeutet. Steht die Netzhaut in de, wo ungefähr die mittlere Vereinigungsweite des Strahlencomplexes anzunehmen ist, so ist das Auge für a accommodirt und die einzelnen Farben gelangen hier zu einer so gleichmässigen Mischung, dass kein Zeichen der chromatischen Abweichung zum Vorschein kommt. Eine Verlegung der Netzhaut nach d,e, entspricht einer Einrichtung auf einen weiter rechts also dem Auge näheren Punkt, a läge mithin jenseit der jeweiligen Sehweite und die verlängerten Strahlen vv, und vv,, entwerfen einen blauvioleten Zerstreuungsring. Die Verschiebung der Netzhaut nach d,,e,, bedeutet gleichviel mit der Adaption auf einen mehr links oder ferner gelegenen Punkt; a befindet sich dann diesseit der Sehweite und die Strahlen br, mit br,, geben einen gelbrothen Saum.

Weiters erkennt man von einem gewöhnlichen Farbenspectrum in Rechteckform in ziemlich weitem Abstand noch scharf die wahren Grenzen des rothen Endes, wenn das violete schon längst eine Zerstreuungsfigur gibt. — Endlich erscheint, wenn man durch eine enge mit violetem Glas überfangene Oeffnung gegen ein Licht schaut, bei der Accommodation des Auges für die rothen Strahlen ein rother Punkt mit violetem Lichthof, bei Adaption auf Violet jedoch ein violeter Punkt mit rothem Saume. —

§. 170. Ein dritter Anlass zu Irregularitäten oder Undeutlichkeiten der Refractionsresultate liegt in der unvollkommenen Durchsichtigkeit der Augenmittel. Unter direct aufgeworfenem starkem concentrirtem Lichte erscheinen sowohl Hornhaut als Linse weisslich trüb, indem das Brechungsvermögen der Gewebfasern und der Zwischensubstanz nicht ganz identisch ist und deshalb von den zahllosen Grenzflächen der Elementarbestandtheile ein gewisser Antheil des Lichtes verschiedentlich reflectirt und diffus zerstreut wird; von den so abgelenkten Wellen gelangen jedenfalls viele auf

die Netzhaut aber in andrer Vertheilung als die entsprechenden Strahlen des regelmässig gebrochenen Lichtes, welches dadurch in seinen Effecten gestört wird. —

D. Die Seh-Empfindung und -Wahrnehmung.

§. 171. Sobald die Resultate der physikalischen Beziehungen zwischen Licht und Auge in's Bewusstsein erhoben werden, wirken neben den rein sinnlichen Acten mehrere Momente mit, welche wir als Erfahrung, Erinnerung, Urtheil bezeichnen und trotz ihrer oft zweifelhaften Begründung mit grösserem Vertrauen benützen, als die unmittelbaren Angaben der ersteren. Es ist häufig nur mittels einer scharfen wissenschaftlichen Kritik möglich, die besondere Betheiligung der verschiedenartigen Factoren eines gemeinsamen Ereignisses auseinanderzuhalten und einzeln nachzuweisen, während man im gewöhnlichen Leben gern die letzteren unbefangen als einfache Folgen der Thätigkeit, oder besser Empfänglichkeit des Auges hinnimmt. Die aus dieser Gewohnheit herzuleitenden praktischen Rücksichten, wie die Beachtung des streng physikalischen Charakters der Voraussetzungen für Processe, welche in ihrem weiteren Verlauf immerhin als psychologische gelten mögen, veranlassen mich, auf einige hiehergehörige Fragen einzugehen, welche zweifellos zu den Consequenzen des Sehactes gehören, aber bei erschöpfender Behandlung in ein Gebiet überleiten, auf welchem die Combinationsgabe eine entscheidende Rolle spielt.

a. Die Grade der Helligkeit.

§. 172. Die elementarste Leistung des Sehorganes ist die Unterscheidung von Hell und Dunkel. Diese bleibt am längsten erhalten, wenn dem Auge durch Structurveränderungen jede andere optische Fähigkeit abhanden kommt, in ihr löst sich bei ungünstiger äusserer Beleuchtung schliesslich die letzte differentielle Erscheinung des Sichtbaren auf, sie ist vermuthlich das einzige Reactionsvermögen niederer thierischer Wesen dem Lichte gegenüber.

Objectiv ist die wahre Intensität des Lichtes in der lebendigen Kraft der Aetherschwingungen gegeben. Thatsächlich ist indess mit diesem wissenschaftlich exacten Ausspruch nicht viel gewonnen, weil eine scharfe, zumal auf eine verständliche Maasseinheit zurückführbare Messung jener Bewegungen nicht direct möglich ist und weil zwischen den objectiven Helligkeitsunterschieden und den Abstufungen der subjectiven Lichtempfindungen gar kein einfaches und bestimmtes Verhältniss besteht. Gewisse, zwar von der Individualität abhängige, doch im Ganzen ziemlich gleich liegende

Grenzen überschreiten letztere überhaupt nicht, innerhalb derselben aber soll unabhängig von der Lichtstärke der gerade noch erkenntliche Helligkeitsunterschied stets der nämliche Bruchtheil der Gesammthelle sein. Dieser Bruch schwankt nach den Angaben verschiedener Beobachter zwischen $\frac{1}{50}$ und $\frac{1}{130}$. Man findet ihn durch Vergleichung der Schatten zweier in wechselnden Entfernungen von einem Schirm aufgestellten Kerzen, oder mittels Betrachtung verschieden beleuchteter Wolkenstellen durch graue Gläser, oder aus dem räumlichen Verhältniss geschwärzter Stellen auf weissen, rotirenden Scheiben. Nach letzterer Methode habe ich viele Versuche angestellt, deren Mittelwerthe von den allgemeinen Zahlen wenig abweichen. Auf eine weisse Kreisscheibe von 10 Cm. Halbmesser habe ich in radialer Erstreckung vier gerade, rein schwarze Streifen gezeichnet von je 1 Mm. Breite, 1 Cm. Länge, deren peripherische Endpunkte beziehlich 3, 5, 7, 9 Cm. vom Centrum abstehen. Die Scheibe wird auf die Drehungsachse eines Uhrwerkes befestigt, dessen Räderübersetzung nur eine Rotationsgeschwindigkeit von siebenmal in der Sekunde gestattet, bei welcher ich indess mit 100 Mm. Augenabstand unter guter, gewöhnlicher Tagesbeleuchtung in einem nach Norden gelegenen Zimmer bei grosser Aufmerksamkeit ein homogenes Grau sehe. Deutlich erscheint mir bloss der innerste Ring; hier nimmt auf einer weissen Fläche von π $(R^2 - r^2) = 3{,}1415$ $(9 - 4) = 15{,}7075 = 1570{,}75$ Q.mm. der schwarze Streifen einen Antheil von 10 Q.mm. ein, wonach die Trübung des Weiss $\frac{1}{157}$ der allgemeinen Helligkeit beträgt. Mit weniger bestimmten Grenzen wird mir auch der zweite Ring erkenntlich, und sehen mit nur flimmernd zusammenhängender grauer Spur kann ich selbst noch den dritten, auf welchem der Quotient des Beleuchtungsunterschiedes nur $\frac{10}{3{,}1415\ (4900 - 3600)} = \frac{1}{408}$ ist. —

Das durch Fechner's psychophysische Untersuchungen verallgemeinerte Gesetz, dass die wahrnehmbaren Minimalunterschiede der Empfindung constanten Bruchtheilen des Gesammteindruckes entsprechen, unterliegt ebensowohl bei sehr schwacher als starker Beleuchtung namhaften Abweichungen, welche sich dort aus der Mitwirkung des natürlich den schwächsten objectiven Impressionen durch subjective Lichtempfindung gefährlichsten inneren Reizzustandes der Augen, hier aus Blendungsalterationen des Organes erklären lassen. Im Allgemeinen wird letzterer Einfluss der schädlichere sein, so dass schon unter einigermassen grellem Lichte die Empfindungsdistinction den objectiven Lichtdifferenzen durchaus nicht entspricht, sondern das Gefühl für sehr helle Gegenstände in

Vergleich zur Umgebung verhältnissmässig geschwächt erscheint. Dagegen darf in gedämpfter Beleuchtung die Empfindungsstärke der Lichtstärke um Vieles richtiger proportional gesetzt werden.

§. 173. Als nähere oder fernere Consequenzen der besprochenen physikalischen Beziehungen begegnen uns vornehmlich folgende Erscheinungen.

Die Empfindung relativ hellen Lichtes verbreitet sich über die direct getroffene Stelle der Netzhaut hinaus, indem die an den Grenzen der Bilder entstehenden Zerstreuungskreise die benachbarten Partien überdecken. Auch bei scharfer Accommodation nicht ganz fehlend, wachsen sie natürlich mit der Mangelhaftigkeit der letzteren, weshalb die Irradiation, vermöge deren hellere Gegenstände auf Kosten der dunkleren Nachbarschaft vergrössert erscheinen, ausserhalb der richtigen Sehweite am stärksten auftritt. Da im Uebrigen ihre Hauptursache in einer relativen Lichtintensität liegt, ist ein hoher Grad dieser ihrer Entwicklung günstig, und zwar selbst dann noch in zunehmendem Sinne, wenn die Empfindung an sich vom Zuwachs der Helligkeit nichts mehr gewinnt. Doch ist der Zusammenhang der Irradiationsgrössen mit den Helligkeitsgraden nach Plateau kein einfach proportionales, sondern jene wachsen in langsamerem Verhältniss und nähern sich allmälig asymptotisch einem Maximum. — Es gibt auch Fälle von negativer Irradiation, denn schwarze Streifen erscheinen auf hellem Grund verbreitert, was zuerst Volkmann 1857 an sehr feinen Fäden nachwies und Helmholtz aus der Lichtvertheilung in den Zerstreuungskreisen erklärt. In der That erleidet, wenn Zerstreuungskreise an den Seiten des dunklen Objectes vorhanden sind, das Licht seinen merklichsten Abfall nicht an den wahren Grenzen des letzteren, sondern an den scheinbaren der ersteren, welche daher jenen substituirt werden.

§. 174. Wenn für die Irradiation die rein physikalische Erklärungsart der übergreifenden Zerstreuungskreise der physiologischen Auffassung der secundären oder inductiven Uebertragung des Zustandes primär gereizter Nervenelemente auf benachbarte vorzuziehen sein dürfte, sind die von der Dauer des Lichteindruckes abzuleitenden Erscheinungen nur verständlich unter der Annahme, dass die vom Reize hervorgerufene Thätigkeit des betroffenen Organes bis zu einem gewissen Grad unabhängig von der unmittelbaren Einwirkung jenes sich forterhalte. Allerdings ist die Stärke des Reizes erste und ganz bestimmt quantitative Voraussetzung für die Grösse der Nachwirkung, aber in zweiter, keineswegs untergeordneter Linie wird verlangt,

dass das Auge nicht allzusehr ermüdet sei und auf einer gewissen Höhe der inneren Reizbarkeit stehe.

Was die Beobachtung der der Dauer der Lichteinwirkung zu verdankenden Nachbilder betrifft, so ist die Gelegenheit dazu sehr häufig, am bequemsten aber ist es beim nächtlichen Auslöschen der Lampe, kurze Zeit einen Punkt der Flamme zu fixiren, worauf dann diese im Finstern wohl begrenzt und scharf bis in's kleinste Detail vor dem Auge erscheint, allen seinen Bewegungen folgend. Während hier, wie im positiven Nachbild überhaupt Licht und Schatten, sowie die Farbe des Gegenstandes in gleichem Sinne unverändert wiedererscheint, ist im negativen Nachbild Licht und Schatten vertauscht, die Farbe aber meist in die complementäre umgewandelt. Hier sind wohl die Schwingungszustände der Nervenelemente, welche vermuthlich der optischen Reizung entsprechen, über ein gewisses Gleichgewicht hinausgegangen und schlagen nun in einer bestimmten Periode in ihr mechanisches Gegenstück um, das der umgekehrten Variation nicht nur fähig, sondern bedürftig ist, wie denn in der That negative und positive Nachbilder oft mehrmal miteinander wechseln.

In weiterer Verfolgung dieses Gegenstandes gelangt man zur Erkenntniss, dass die Wirkung einer continuirlichen Beleuchtung von bestimmter Art in einer Auge und Urtheil vollkommen befriedigenden Aehnlichkeit erzielt werden kann durch hinreichend rasche Wiederholung analoger Lichteindrücke. Dies geschieht im Allgemeinen bei schnellen Bewegungen der Lichtquellen, sei es in willkürlichen Bahnen, oder in vorgeschriebenen Kreisdrehungen, wie an dem zu Farbenmischungen gern verwendeten Kreisel. Jedenfalls muss zur Hervorrufung eines gleichartigen Eindrucks sowohl die Geschwindigkeit als die Helligkeit constant sein, ausserdem kommt es zu optischer Ungleichförmigkeit der Erscheinung.

§. 175. Von principieller Wichtigkeit für diesen Gegenstand ist es, die Minimaldauer eines Lichteindruckes zu bestimmen, sofern er noch eine bestimmte isolirte Empfindung auslösen kann und soll. Eine ebenso allgemeine als scharfe Lösung dieses Problemes erscheint unmöglich, denn abgesehen von den technischmethodischen Schwierigkeiten ist die Intensität des Lichtes, seine Farbe und Einfallrichtung auf die Reaction des Auges so einflussreich, dass kaum zwei Angaben zu demselben Werthe führen. Eine absolute Zeitgrenze der Sichtbarkeit ist wohl überhaupt nicht auffindbar, ja nicht einmal ein sicheres Zahlenresultat wird durch die jener Schwelle sich nähernden Beobachtungen gewonnen, sondern nur im Allgemeinen festgestellt, dass die Dauer eines intensiven Lichteindruckes, wie ihn etwa ein elektrischer Funke gibt, einen sehr kleinen Bruchtheil einer Sekunde beträgt. Meine siebenmal in letzterer umlaufende Farben-

scheibe scheint unter seiner Beleuchtung stillzustehen, indem die sonst bei der Drehung gemischt erscheinenden verschiedenfarbigen Sektoren in ihrer Eigenthümlichkeit getrennt auftreten. Vermuthlich würde auch bei sehr viel grösserer Rotationsschnelligkeit dasselbe Resultat erhalten, was denn auch von andrer Seite bestätigt wird. Nimmt man dazu die Folgerungen, welche aus der Theorie der elektrischen Verbreitung und Ausgleichung fliessen, so ist die Dauer jenes sichtbaren Lichteindruckes sicher nur auf Tausendtel und muthmasslich selbst nur auf Milliontel der Sekunde zu schätzen. — Bestimmtere Messungen lässt die indess nach andrer Seite hin nicht ganz tadellose Methode der Farbenmischung auf, mit controllirbarer variabler Geschwindigkeit rotirenden, Scheiben zu. Die Umlaufschnelligkeit, welche nöthig ist, um einer solchen ein durchweg gleichmässiges Ansehen zu verleihen, ist leicht zu bestimmen und bald zu erkennen, dass jene mit der Lichtstärke in geradem Verhältniss steht. Ueber diese aber ist, sobald verschiedene Farbentöne in's Spiel kommen, das Urtheil höchst unsicher, so dass die auf die betreffenden Nuancen bezieblichen Differenzen der Beobachtung an sich ganz glaublich, doch im präcisen Zahlenwerth zweifelhaft erscheinen.

Plateau liess Scheiben umlaufen, welche zwölf schwarze und ebenso viele weisse oder farbige Ausschnitte trugen und bestimmte die Drehgeschwindigkeit, bei welcher sie gleichförmig erschienen. Indem die Vorbeigangdauer jedes Sektors $\frac{1}{24}$ der Umlaufzeit der ganzen Scheibe betrug, der Uebergang der gesonderten Erkennung jener in ein gemeinsames Bild aber die Zeitgrenze bezeichnete, bei der jene nicht mehr möglich war, erhielte man vollkommene, doch kaum erreichbare Genauheit der Einzelacte vorausgesetzt, die Minimaldauer des selbständigen Lichteindruckes in den Werthen: Für Weiss: 0,191 sec. Gelb: 0,199 sec. Roth: 0,232 sec. Blau: 0,295 sec. — Für mein Auge finde ich nach derselben Methode namhaft kleinere Zahlen, nämlich in derselben Reihenfolge der Farben beziehlich: 0,143. 0,149. 0,188. 0,261 sec. — Mittels der Methode der akustischen Lichtkurven fand Lissajou die Minimalzeit ihrer continuirlichen Erscheinung = 0,033 . . . sec., welche bedeutende Herabminderung des Werthes an den schon bemerklich gemachten Einfluss der starken Beleuchtung erinnert. — Von geschichtlichem Interesse ist, dass Young die nothwendige Dauer des Lichteindruckes zwischen einer halben und 0,01 Sekunde variiren liess, Newton aber desfalls den unter allen Umständen viel zu grossen Schätzungswerth einer ganzen Sekunde angibt.

Um die im Ganzen auch von der Lichtstärke abhängige Nachdauer eines farblosen oder gefärbten Eindruckes zu finden, bestimmte Plateau die Vorbeigangzeit, welche nöthig war, damit

sich der Ton des hellen Ausschnittes seiner Scheiben entschieden über den schwarzen verbreitet hatte, und fand für Weiss: 0,35. Gelb: 0,34. Blau: 0,32.

b. Form und Grösse der gesehenen Gegenstände.

§. 176. Die Unterscheidung von Hell und Dunkel verschärft sich im höheren Sehacte zur Erfassung der Begrenzungsform des betrachteten Körpers im Ganzen und seiner gestaltlichen Besonderheiten im Innern. Diese definirende und penetrirende Fähigkeit des Auges knüpft sich an die distincte Erregung gesonderter Nervenelemente, deren physiologische Funktionen insofern isolirt und doch auch wieder verbunden sind, als jedes seine specielle Empfindung dem Bewusstsein in einer Form übergibt, welche diesem die Combination der Partialeindrücke zu einem gemeinsamen Bild ermöglicht. Dieses Bild kommt bekanntlich thatsächlich in verkehrter, dem Gegenstand geometrisch ähnlicher Anordnung auf der Netzhaut zu Stand, so dass die räumlichen Verhältnisse nach Grösse und Stellung bekannt sind, welche für eine bestimmte Anschauung vorausgesetzt werden müssen. Demungeachtet macht es einige Schwierigkeit, die Vollkommenheit ihrer formellen Uebereinstimmung mit dem Objecte zu begreifen, wenn man nicht Lotze's Localzeichen zu Hilfe nimmt. Er versteht darunter die physiologischen Mittel der Localisirung für den bestimmten Ort jedes einzelnen Eindruckes und ihre systematische Aneinanderreihung. Wundt erklärt, wie mir scheint mit Glück, die Localzeichen der Sehempfindung aus der mit den getroffenen Netzhautpunkten variablen Empfindungsqualität, welche von den Mengeverhältnissen der in verschiedenen Netzhautpartien vertheilten nervösen Endorgane abhängen kann. Eine gewisse Anzahl derselben wäre demnach wohl als selbständiger Empfindungskreis hinzustellen, dessen Erregung nur dann von allen andren Eindrücken isolirt erscheint, wenn wenigstens Ein intacter Rayon zwischen zwei in ihren sensoriellen Folgen verglichenen Elementarstellen liegt. Die absolute Grösse eines eigenthümlichen Empfindungskreises lässt sich um so weniger allgemein angeben, als die damit zusammenhängende punktuelle Sehschärfe in den einzelnen Zonen der Netzhaut höchst verschieden und nur im gelben Fleck eine vollständige ist, auf welchem die Durchmesser der Zapfen, der wahrscheinlichen anatomischen Elemente des Sehreizes, zwischen 0,0022 und 0,0027 mm. schwanken; diesem Werthe nähert sich vielleicht die kleinste Grösse eines distincten Netzhautbildes bei grosser Güte und Uebung des Auges, sie bleibt aber gewöhnlich bei 0,0043—0,0054 mm. stehen.

§. 177. Die Grösse eines Gegenstandes beurtheilen wir im Allgemeinen nach dem Sehwinkel, unter welchem er erscheint. Dessen Bildung aus zwei von Grenzpunkten ausgehenden Hauptstrahlen leuchtet ohne Weiteres bei Betrachtung der Fig. 14. (aus meinem Compendium der Physik, Erlangen, F. Enke, 1866) ein, worin de die Krystalllinse des Auges, als mächtigstes Brechungsmittel bedeutet, und b, a, das Netzhautbild des Gegenstandes ab darstellt.

Fig. 14.

Das Grössenverhältniss $\frac{b,a,}{ab}$ ist nach dem geometrischen Satze der in ähnlichen Dreiecken herrschenden Proportionalität von Grundlinien und Höhen genau bestimmt, so dass, käme die Empfindungsstrecke b,a, klar zu Bewusstsein, daraus ein materiell begründeter Schluss auf die wirkliche Grösse ab gezogen werden könnte. Solch ein psychophysischer Act fällt indess besten Falles der „Philosophie des Unbewussten" anheim, denn wenn auch sein Resultat oft mit grosser Schärfe gefunden wird, so entgehen uns doch die etwaigen Zwischenglieder des Sinneseindruck und Urtheil verbindenden Processes vollständig, und wir leiten jenes äusserlich von der directen tactuellen Ueberzeugung oder der mittelbaren Erfahrung ab.

Da Object- und Bild-Weite streng conjugirte Grössen sind, so entspricht jedem Gegenstand, welcher parallel mit ab der Fig. 14 dem Auge näher oder ferner steht, eine nach derselben Seite hin verschobene Stellung von b,a,, oder es muss, wenn dies ohne Gefährdung der Sehschärfe bei gegebenen Dimensionen des Auges nicht geschehen kann, das Brechungsvermögen in genügendem Grade umgestaltet werden. Das Maass dieser für einen bestimmten Fall nothwendigen und ausreichenden Augeneinrichtung, ins Bewusstsein erhoben, wäre die wahre psychophysische Grundlage für die Beurtheilung der mit der Entfernung scheinbar veränderlichen Objectgrösse. Insofern diese g und jene e die Katheten eines rechtwinkeligen Dreiecks sind, dessen (in der Regel) kleinster Winkel, g gegenüberliegend, von dem im Auge sich schneidenden Hauptgrenzstrahlen eingeschlossen wird, ist tang. $x = \frac{g}{e}$ der mathematische Ausdruck für das Augenmaass. — Thatsächlich ist nun das Accommodationsgefühl viel zu unbestimmt, als dass von demselben die Angabe zu erwarten wäre, in welchem Augenabstand auf der durch Retinalbildpunkt und Knotenpunkt des Auges gezogenen Linie der zugehörige Objectpunkt liege; ausserdem aber gibt es nur zwei na-

türliche Hilfsmittel zu der, mit unserm Problem im Wesentlichen zusammenfallenden, optischen Erkenntniss einer Tiefendimension des Raumes und der räumlichen Gegenstände, nämlich den gleichzeitigen Gebrauch beider Augen und die Bewegungen des Kopfes oder Körpers. Je näher ein Gegenstand dem Auge steht, desto mehr müssen die horizontalen Achsen beider Organe convergiren, wenn die Hauptstrahlen den gelben Fleck treffen sollen und erst für unendlich weit entfernte Objecte werden jene parallel. Es ist klar, dass das Gefühl für jene Achsenneigungen ein um so besseres Mittel zur Beurtheilung der Entfernung und hiemit indirect der Grösse gesehener Dinge bilden kann, als von diesen, wenn sie nicht allzusehr abstehen, in beiden Augen perspectivisch verschiedenartige Bilder entworfen werden, deren Verbindung erfahrungsgemäss und selbst experimentell nachweisbar die Anschauung der Körperlichkeit, also der Tiefendimension wenn nicht bedingt, doch namhaft fördert. Ausschliesslich aber können wir in dem besprochenen Moment die Ursache der in Rede stehenden Leistung nicht finden, denn jenes Muskelgefühl ist an sich ziemlich unsicher und geht natürlich dem Einäugigen ganz ab, welcher demungeachtet in der visuellen Beurtheilung der einschlägigen Verhältnisse eine grosse Gewandtheit sich erwerben kann, vermuthlich mittels der auch beim Gebrauch beider Augen schätzbaren Anschauungsdifferenzen, welche eine Verschiebung der Netzhautbilder durch zweckmässig ausgeführte Bewegungen gewährt. Wird hiebei wohl ausschliesslich an das praktische Geschick und die Erfahrung appellirt, so ruhen die gewonnenen Urtheile doch auf sicherer mathematischer Grundlage, indem die scheinbaren Winkelgeschwindigkeiten, mit denen sich die Gegenstände im Gesichtfeld verschieben, ihren wahren Abständen verkehrt proportional sind.

§. 178. Das visuelle Urtheilsvermögen über Grössenverhältnisse unterliegt, wo es sich um Vergleiche handelt, dem schon bekannten psychophysischen Gesetz, dass zwischen den noch merkbaren Minimalunterschieden der Empfindung und der Grösse ihres Gesammtobjectes eine gerade constante Proportion besteht. In der Regel führt die Vergleichung horizontaler Abstände leichter zu richtigen oder wenig fehlerhaften Erfolgen, als diejenige verticaler, am schwierigsten und unsichersten sind daher die Versuche, beide Richtungen in den Schätzungsprocess aufzunehmen. Den mittleren Fehler, welcher gemacht wird, wenn man sich bemüht, gegebene Längendimensionen mittels des Augenmaasses gleichwerthig nachzuahmen, gibt Fechner zu $\frac{1}{62,1}$, Volkmann zu $\frac{1}{88}$ und $\frac{1}{101,1}$ der ganzen Länge der verglichenen Linien an. — Auf Vierordt's Anregung unternahm

Hegelmaier eine interessante Untersuchung über die quantitativen Verhältnisse der Linearanschauungen bei Mitwirkung des Gedächtnisses, welches für sinnliche Eindrücke so gross sein kann, dass es noch nach längerer Zeit das treue Bild genau und anhaltend betrachteter Gegenstände dem Auge vorzaubert (Henle's anatomisches Präparat). Es ergab sich aus jenen Forschungen, dass das Gedächtniss für gröbere Maassunterschiede der Linien dasjenige für geringere Differenzen namhaft übertrifft, dass dasselbe mit der Zeit rasch abnimmt, für Horizontallinien das grösste Vertrauen verdient, von der absoluten Länge der Linien unabhängig ist, und durch Uebung sicherer gemacht wird. —

c. Die Farben.

§. 179. Die Unterscheidung der Helligkeitsgrade und der Formen an den gesehenen Gegenständen reicht nicht hin, um uns deren Natur und Schönheit vollkommen erkennen zu lassen; erst die Empfindung der Farben breitet darüber den prächtigsten Lichtreiz aus. So bestimmt dieselben in ihrer Eigenthümlichkeit unsrem Gefühl entgegentreten, verräth uns dasselbe doch nicht die wahre Ursache der differenten Eindrücke. Während nämlich das Ohr die Unterschiede in den Schwingungszahlen der Töne auch ohne Kenntniss der wirklichen Verhältnisse ganz richtig auf ein quantitatives Moment: auf die in bestimmten Stufen aneinandergereihten Tonhöhen bezieht, vermag das Auge selbst bei vollständig durchgebildetem physikalischen Bewusstsein die Geschwindigkeitsdifferenzen der Aetherschwingungen nur in der qualitativen Charakteristik der Farben zu erfassen.

Was wir in einem durch ein Prisma auseinander gelegten Farbenspectrum sehen, sind nicht sämmtliche in einem vollständigen Lichtwellenzug enthaltene Schwingungen, vielmehr gelangt ein vermuthlich an Ausdehnung nicht geringer Theil, beiderseits über Roth und Violet hinausgelegen, zu keiner ergiebigen Wirkung auf der Netzhaut. Die ultrarothen Strahlen werden ganz oder doch grösstentheils, bis höchstens zu einem Rest von 9 prc. absorbirt, von den ultravioleten ist dies jedoch nicht vollkommen erwiesen. Brücke zeigte allerdings, dass sie vornehmlich in der Krystalllinse hinsichtlich ihrer bläuenden Wirkung auf dahinter befindliche Guajaktinktur namhaft geschwächt werden, Donders reducirte indess in Bezug auf die optische Helligkeit ihre Schwächung auf ein sehr bescheidenes Maass. Da überdies erfahrungsgemäss die Möglichkeit, unter besonderen Umständen das überviolete Spectrum nebst den dunklen Linien zu sehen, ausser Zweifel gestellt ist, liegt jedenfalls der Hauptgrund für die geringe, oder selbst nur unter der ausnahmsweisen Betheilig-

ung der Fluorescenz eintretende Erkenntlichkeit des Ultraviolet nicht in einem Absorptionsvorgang, sondern in der relativen Unempfindlichkeit der Nervenelemente für diese Schwingungswerthe. —

§. 180. Die Erkennung oder Beurtheilung der einzelnen Farben zwischen den sichtbaren Spectralgrenzen ist eine ziemlich unsichere, wenigstens sofern es sich um die feineren Abstufungen und leisen Uebergänge handelt, sowie um die Festhaltung eines bestimmten Farbencharakters bei Zumischung eines beträchtlichen Antheiles farblosen Lichtes, das auch die gesättigtesten Nuançen bis zur Annäherung an Weiss bleicht. Indem ich auf siebenmal in der Secunde umlaufenden weissen Scheiben verschiedene Farben in möglichster Stärke und Reinheit mit variabler Streifenbreite an bestimmten Stellen des Radius auftrug, suchte ich Vergleichungswerthe darüber zu erhalten, in welchem Verdünnungsgrade mit Weiss noch eine bestimmte coloristische Nuancirung zu erkennen sei, erhielt aber nur sehr zweifelhafte und schwankende Angaben Ein Flächenverhältniss der Farbe zu Weiss von 1:540 oder 1:420 gab für Karmin, Ultramarin, Schweinfurtgrün und Chromgelb scheinbar unverändertes Weiss, bei 1:180 erschienen die beiden ersten Farben in blassem Tone, bei 1:60 auch die dritte, die letzte auch zuweilen, doch stets schwach, oft gar nicht erkenntlich, zweifellos erst bei 1:40. —

Die besten und umfangreichsten Forschungen über Farbeneindrücke haben meines Wissens Fechner, Zöllner und Aubert angestellt. Das Meiste gehört in die Physiologie, so dass ich hier nur einige allgemeine Resultate des Letzteren angebe.

Die Wahrnehmbarkeit jeder Farbe hängt von der Grösse der gefärbten Fläche ab, und zwar verlangen zur bestimmten Ausprägung der coloristischen Erscheinung in Quadratform auf schwarzem Grund Orange und Gelb einen Gesichtwinkel von: 39″, Roth von: 59″, hellgrün und hellblau: 1′ 8″, dunkelblau: 4′ 17″; auf weissem Grund sind die entsprechenden Zahlen 1′ 8″, 1′ 43″, 1′ 54″ (grün), 2′ 17″ (hellblau), 5′ 43″. — Ich selbst erhielt, indem ich auf weissem Papier Quadrate von 1 Cm. Seite und Kreise von 1 Cm. Durchmesser mit dreissig verschiedenen Farbstoffen bemalte und bei senkrechter Aufstellung in guter doch milder Tagesbeleuchtung die Entfernung bestimmte, in welcher mir die Farbe noch erkenntlich war, so sehr viel grössere Resultate, dass sie mir den Angaben des geschätzten und bewährten Forschers gegenüber fast bedenklich vorkommen, ohne dass ich sie irgendwie zu reformiren wüsste. Keinesfalls kann ich ihre Mittheilung in extenso zur Zeit für nützlich halten. Es genügt die Notiz, dass meinem, allerdings kurzsichtigen Auge von circa 100 Mm. Sehweite unter den angegebenen Umständen Kobaltblau in einer Entfernung von 140 Cm., Zinnober bei 300 Cm. als Farbe ver-

schwindet; dies führt auf den Sehwinkel, berechnet dort zu 24 min. 30 sec., hier zu 11 min. 20 sec. Verbessere ich meine Accommodationsweite durch Einschaltung biconcaver Gläser von 8″ Zerstreuungsweite, so erhalte ich für die erstere Farbe fast genau den oben für die zweite berechneten Werth, für diese aber einen Abstand von 8 metre und einen Sehwinkel von 4 min. 7 sec. —

Der zweite Satz Aubert's, dass die Wahrnehmbarkeit einer Farbe von der Beleuchtungsstärke abhängt, ist ohne Weiteres verständlich, seine darunter subsumirte Behauptung aber, dass die Farben der „unteren" Seite des Spectrums bei viel geringerer Lichtintensität erkannt werden, als die der „oberen" mit andren Erfahrungen nur vereinbar, wenn er unter jenen die blauen Farbentöne verstehen sollte, was mir aus dem übrigen Text nicht ganz deutlich wird. Bekanntlich bewahren nämlich im Dämmerlichte die letzteren bei Weitem fester und länger ihre coloristische Eigenthümlichkeit, als die gelben und rothen. — Dass drittens die Wahrnehmbarkeit der Farbe von der Verdünnung mit Weiss bestimmt wird, ist oben schon erwähnt und von mir mit Versuchen belegt, deren Zahlenresultate jedoch hier ebensowenig bestätigt sind, als ein Unterschied nach der Nuancirung zugestanden wird; vielmehr sollen die Farben in ebenso starker Verdünnung mit Weiss noch vom weissen Grunde unterschieden werden, wie Schwarz, nämlich bei einem Verdünnungswerthe von $\frac{1}{120}$. —

§. 181. Bei gleichzeitigen oder auch sehr rasch aufeinanderfolgenden Eindrücken verschiedenartiger Farben auf die nämliche Partie der Netzhaut verhält sich die optische Empfindung wieder ganz anders, als die akustische. Bei dieser kommt es sowohl zu einer einheitlichen Erfassung der Gesammterscheinung im Accord als zur Aussonderung der Bestandtheile desselben — das Auge confundirt die letzteren gänzlich und bringt eine Mischungsfarbe zu Bewusstsein, welche durchaus den Charakter einer einfachen zur Schau trägt und an sich nichts von ihrer Entstehung verräth. — Da wir im Allgemeinen die Bekanntschaft der Farben nicht durch die prismatische Zerlegung, welche allein optisch reine Werthe liefert, sondern durch Vermittlung der Pigmente machen, ist erklärlich, dass manches an diesen Gefundene vorschnell auf die Farbenlehre überhaupt angewendet wurde. So wollte auch die Erfahrung, dass durch Mischung von Roth, Gelb und Blau zu je zweien die übrigen Farben erzielt werden, in die physikalische Anerkennung nur jener drei Grundfarben umgestaltet werden, während doch das wissenschaftliche Kriterium für die Einfachheit der Farbe nur in der Gleichartigkeit der Wellenlängen zu suchen ist, welch letztere zwar mit

den verschiedenen Farben, aber nicht innerhalb einer beliebigen prismatischen Nuance wechseln. — Anders gestaltet sich die Frage, wenn der Process der Mischung in das physiologische Gebiet verlegt wird. Dass die eigentliche optische Erregung in einer Uebertragung des Bewegungszustandes schwingender Aetherpunkte auf vibrirende Nervenelemente besteht, hat einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich. Dann müssen aber letztere gewisse mechanische Bedingungen einer Mitschwingungsfähigkeit erfüllen, welche von Form, Grösse, Befestigungsart des an sich gleichartigen Materiales abhängig wohl am einfachsten mit den schnellsten, mittleren und langsamsten Wellen des Lichtes in Zusammenhang gebracht werden. In diesem Sinne wären Violet, Grün und Roth die elementaren Formen der Farbenempfindung, während die andren Farben unbeschadet ihrer physikalischen Einfachheit als Resultanten mehrfacher molekularmechanischer Acte zur Anschauung gelangen. Es lässt sich annehmen, dass für Gelb die roth und grün, für Blau die grün und violet reagirenden Nervenfasern in Hauptthätigkeit kommen, während in den drei voraus erwähnten einfacheren Fällen die jedesmal in ihrer coloristischen Qualification nicht genannten Elemente gar nicht oder nur als schwach erregte mitfunctioniren.

§. 182. Es ist eine, mittels Pigmenten nur annäherungsweise constatirbare, nothwendige Folge der refractiven Gewinnung der Spectralfarben, dass dieselben durch den entgegengesetzten Act wieder zu farblosem Lichte vereinigt werden. Die Forderung, dass zur Erzielung des vollkommenen Mischungsweiss sämmtliche Farben als integrirende Bestandtheile desselben concurriren müssen, ist so selbstverständlich, dass deren erfahrungsgemässe Beschränkung überraschen muss. Es zeigt sich nämlich, dass je zwei reine Farben in ein eigenthümliches Verhältniss der Ergänzung treten, doch aber, wie sogleich zur Beruhigung des theoretischen Bewusstseins bemerkt werden mag, nur solche, deren Spectralintervall von solcher Grösse ist, dass ihre Schwingungswerthe als mechanische Resultanten der benachbarten Farbenabtheilungen gelten können. Complementär in diesem Sinne sind: Roth und Grünlichblau, Orange und Cyanblau, Gelb und Indigoblau, Grünlichgelb und Violet, Grün und Purpur. Die letzte Combination ist mechanisch wie physiologisch höchst charakteristisch. Das Grün erscheint nach der geometrischen Lage wie nach der Schwingungszahl als Mittelfarbe des Spectrums; Purpur fehlt im Spectrum, entsteht aber aus der Mischung der Grenzfarben Roth und Violet von der kleinsten und grössten Schwingungsgeschwindigkeit. Ist es einerseits verständlich, dass kleinste, mittlere und grösste Wellenwerthe als Repräsentanten aller übrigen auch deren Gesammtmischungsresultat ergeben, so spricht es anderseits lebhaft

zu Gunsten der Young'schen Theorie von den dreierlei Nervenelementen, dass ihre gleichzeitige Erregung durch Roth, Grün und Violet zur farblosen Lichtempfindung führt. — Die Ergänzungsfarben stehen auch in der Wechselwirkung des Contrastes zu einander, indem der anhaltende objectiv begründete Eindruck einer derselben zur nachträglichen rein subjectiven Erscheinung der andern führt. Da ohne weitere Complication der Versuch am leichtesten gelingt, — bei mir völlig sicher und gut bloss für röthliche und grünliche Farben — wenn man dafür sorgt, dass auf dieselbe Stelle der Netzhaut, welche einige Zeit hindurch von einer bestimmten Farbe gereizt wurde, hellgraues Licht fällt, so liegt die Erklärung nah, dass die von jener Farbe bis zur (doch wohl nur höchst selten wirklich eintretenden) Ermüdung gereizten oder zu der entsprechenden Schwingungsform veranlassten Nervenelemente nach Wegfall der inducirenden Kraft in diejenige Bewegungsart übergingen, welche eben wegen ihrer complementären Beziehung zu jener als in einem gewissen polarmechanischen Gegensatz dazu stehend betrachtet werden kann. Indess beugen sich nicht alle einschlägigen Erfahrungen dieser Theorie, und da sie zudem eine ausschliesslich physiologische Bedeutung hat, kann sie vielleicht durch die physikalische Hypothese ersetzt werden, dass von den vielfältigen Wellen des secundär einfallenden farblosen Lichtes die der primär inducirenden Farbe entsprechenden auf die unter ihrer Einwirkung nachzitternden Nervenelemente einen weniger fühlbaren Eindruck machen, als die übrigen, insgesammt nothwendig den ausgeschiedenen complementären Schwingungen des Lichtes auf die anders gestimmten Fasern der Netzhaut, welche nach dem allgemeinen Gesetz, dass überhaupt nur die Unterschiede der Reizzustände zu bewussten Empfindungen Anlass geben, unter diesen Umständen mit weit vorwaltender Energie reagiren müssen. —

Fechner, dessen Versuche über den Contrast und die damit in gewissem Zusammenhang stehenden Nachbilder ächt wissenschaftlichen Heroismus beweisen, zieht die Annahme, dass das Auge durch längeres Betrachten einer Farbe minder, durch deren längere Abwesenheit mehr empfindlich für sie werde, derjenigen entgegengesetzter Netzhautzustände vor, hält jedoch die subjective Natur der Complementärfarben gegenüber der Osann'schen Ansicht ihrer objectiven Begründung aufrecht. — Jeder primäre Lichteindruck hinterlässt eine fortdauernde Empfindung, welche für die Entstehung des Nachbildes insofern nicht ausser Acht zu lassen ist, als sie anfänglich dessen Entwicklung schwächt, so dass das Maximum des Nachbildes um so später eintritt, je intensiver hell der inducirende Reiz gewesen war; sobald dies erreicht ist, entwickelt sich um dasselbe herum ein Saum seiner eigenen Ergänzungsfarbe. Die Nachbilder können verschwinden und wieder auftauchen, auch wohl

die positive mit der negativen Phase vertauschen, und umgekehrt, wenn Bewegungen der Augen oder der Lider statthaben, überhaupt die Gleichförmigkeit des Gefäss- und Nerveneinflusses auf die Netzhaut gestört wird, oder wenn im Lichtzutritt zum Organ eine Veränderung erfolgt, welche namentlich für den Phasenwechsel bedeutungsvoll ist. — Hieher gehört auch das Abklingen der Farben, welches im geschlossenen Auge nach starrer Betrachtung heller Objekte stattfindet, ja schon während ihres directen Anschauens sich einstellen kann. Als gewöhnliche Farbenfolge wird angegeben: Weiss, Blau, Grün, Roth, Blau. Diese Reihe ist indess höchst veränderlich und kehrt bei mir wenigstens bei öfterem Versuch selten in der nämlichen Ordnung wieder. Dagegen mag von allgemeinerer Richtigkeit sein, dass das Phänomen der Farbenabklingung um so einfacher abläuft, je gleichartiger die Färbung des primären Eindruckes war. —

Zwölf Jahre nach Fechner hat Brücke Versuche über denselben Gegenstand angestellt, bei deren Ausführung und Deutung er auseinanderzuhalten sucht die Veränderung, welche ein Theil der Netzhaut in seinem Erregungszustand erfährt, und diejenige, welche eine grössere Lichtmenge von bestimmter Farbe insofern im Sensorium hervorbringt, als jetzt die Reizzustände der Nervenelemente anders als unter gewöhnlicher Beleuchtung beurtheilt werden. Hinsichtlich des experimentalen Details verweise ich auf Poggendorff's Annalen der Physik LXXXIV. 418. und beschränke mich auf die Registrirung des allgemeinen Resultates, dass die inducirten Farben wirklich von positiven Erregungszuständen der Netzhaut herzuleiten seien.

§. 183. Pathologische Fälle der Farbenempfindung liegen ausserhalb meines Planes, nur einer physikalisch werthvollen Untersuchung E. Rose's habe ich zu gedenken, in welcher die Farbenblindheit der Farbenirrung (Daltonismus) gegenübergestellt ist. Bei jener verschwindet die Empfänglichkeit für Licht grösster oder kleinster Brechbarkeit stets zuerst und schreitet dann stufenweise im Spectrum vor; bei dieser handelt es sich um eine systematische Verwechselung verschiedenartiger Farben. Das wesentliche Symptom der Farbenblindheit ist also nicht Unterbrechung, sondern Verkürzung des übrigens scharf begrenzten Spectrums, während eine Verlängerung desselben auf eine gegentheilige Anomalie des Farbensehens deuten würde, welche allerdings nur in einseitiger Erstreckung bei einem Freunde Rose's in der Art vorgekommen sein soll, dass derselbe zur Erkennung des Ultraviolet nicht einer Herabminderung der Brechbarkeit oder einer Vergrösserung der Wellenlänge mittels Fluorescenz bedurfte, sondern dasselbe unmitteldar im subjectiven Spectrum sah, wobei indess nicht zu vergessen sein dürfte,

dass die Augenbestandtheile selbst in vielleicht individuell verschiedenem Grade fluoresciren. — Die Reduction des Spectrums im Falle der Farbenblindheit kann bis zu $\frac{8}{17}$ der Gesammtlänge gehen; die chromatische Leistung des Auges, bei geringeren Graden des Leidens wenig gefährdet, kann also unter Umständen namhaft beschränkt sein, wozu noch Blendungszustände und Sehschwäche sich zu gesellen pflegen.

Der Farbenirrsinn, welcher mit der vorigen chromatischen Krankheit verbunden, aber auch allein vorkommt, kann einfach oder vollständig sein. Im ersteren Fall befinden sich diejenigen, welche durch Einverleibung von Santonsäure im Quantum von 5—10 Gran eine Narkose hervorgerufen haben, deren Hauptsymptom im Gelbsehen und in der Unmöglichkeit, die violeten Farbentöne zu erkennen, sich ausspricht. Während hier, wie auch in den leichteren Fällen des Daltonismus nur ein complementäres Farbenpaar verwechselt wird, erscheinen den vollständig Farbenirren alle Ergänzungspaare bei bestimmter verschiedener Stärke einander gleich. Zur objectiven Feststellung dieser Sehanomalien construirte Rose einen Farbenmesser, bestehend aus zwei Nikols mit getheilten Kreisen, einem achromatischen Doppelspatprisma und einer senkrecht zur Achse geschliffenen Bergkrystallplatte. Man sieht dadurch zwei helle, complementär gefärbte Flächen, deren Farbe und Nuancirungsunterschied beziehlich durch Drehung des oberen oder unteren Nikol variirt werden kann. Die an den zugehörigen Kreistheilungen abgelesenen Maasse der Drehungen, welche nöthig sind, um Farbenirren beide Bilder ganz gleich erscheinen zu lassen, in eine Gleichung aufgenommen nennt Rose den Farbenstempel des Kranken. Innerhalb desselben soll Jeder für die blaue oder rothe Seite eine schwächere Empfindlichkeit zeigen als für die grüne und gelbe. Der einfach Farbenirre findet leicht, doch nur für eine einzige Combination der Nikolstellungen seine Farbengleichung, der vollständig Farbenirre in jeder beliebigen Position des oberen Nikol; der Farbenblinde oder der Gesunde gelangt dagegen zu gar keiner Farbengleichung. —

d, Der Horopter.

§. 184. In den Schacten sind, wie schon erwähnt, Sinnesempfindung, Gewohnheit und Urtheil so eng verbunden, dass die Auseinanderhaltung ihrer Antheile an der Bildung einer Gesammtanschauung und die Isolirung der Fundamentalphänomene nur bei absichtlicher und zudem meist nach bestimmter wissenschaftlicher Methodik geleiteter Untersuchung des Sachverhaltes gelingt. Dies finden wir bestätigt im Aufrecht-

sehen der Gegenstände trotz der verkehrten Lage ihrer Netzhautbilder, was eine nothwendige Folge der geometrischen Projection der den Bildpunkten entsprechenden Lichtquellen in die auswärtige geradlinige Verlängerung der Richtungsstrahlen ist, in der anscheinend gleichzeitig deutlichen Erfassung weitverbreiteter Flächenbilder, indem die auf den Seitentheilen der Netzhaut nur skizzenhaft entworfenen Darstellungen durch Erfahrung und Erinnerung ergänzt und auch mittels schneller, oft unmerklicher oder doch wenig beachteter Augenbewegungen successive in den eng begrenzten Rayon des scharfen Sehens geführt werden, indirect auch in den vielfachen fälschlich sogenannten Sinnestäuschungen, welche im Wesentlichen meistens auf eine factisch unbegründete Verknüpfung mechanischer und optischer Ereignisse zurückkommen, am meisten aber endlich in der fast unbestrittenen Erfahrung, dass man mit zwei Augen einfach sehe, während doch bei einiger Aufmerksamkeit die Existenz wirklicher Doppelbilder unter durchaus normalen Zuständen der Augen leicht und sicher zu constatiren ist. Es genügt dazu, das eine Auge durch Fingerdruck ein wenig zur Seite zu schieben, was physikalisch gar keine Aenderung der einschlägigen Verhältnisse veranlasst, physiologisch aber nur die einzige, dass auf der rechten Netzhaut Punkte von andrer anatomischer Lage durch zusammengehörige Strahlenbüschel getroffen werden, als auf der linken. Inwiefern dies zu singulären Empfindungen führt, welche sich im Bewusstsein nicht wie bei Reizung identischer Netzhautpunkte zu einem gemeinsamen Eindruck decken, ob es auf einer bestimmten anatomischen Verknüpfung und physiologischen Abhängigkeit gewisser Nervenelemente beider Organe oder auf dem oft bewährten Einfluss der combinatorischassociativen Uebung, Erziehung und Angewöhnung der betreffenden Theile beruht, welches Letztere ich für wahrscheinlicher, indess direct so unerweislich wie das Erste halte, liegt ausser unsrem Bereich, ja der Gegenstand überhaupt bildet für uns nur einen Vorwurf, weil seine Behandlung völlig in physikalisch-mathematischem Gewande erscheint.

§. 185. Die physikalische Betrachtung des gegebenen Problemes beschäftigt sich ausschliesslich mit der Frage, wie sich bei bestimmter Lage der äusseren Gegenstände die beiderseitigen Netzhautbilder der räumlichen Anordnung nach verhalten, und sucht zur Lösung derselben die betreffenden Augenstellungen, für jede Lage der Sehachse also die Drehungen des Augapfels um dieselbe zu ermitteln.

Denkt man sich für eine bestimmte Lage eines äusseren Gegenstandes unter Beibehaltung der sonstigen Augenstellung die Netzhäute übereinander gelegt, so kann man den Inbegriff der Objectpunkte, welche in ihren Retinalbildern sich binocular decken, also auf ent-

sprechenden Netzhautstellen projicirt werden, als Horopter bezeichnen und denselben sowohl hinsichtlich der linearen, als der Winkelverschiebung aufsuchen, durch deren Verbindung der Totalhoropter entsteht. Der Horopter der linearen Verschiebung ist eine durch die beiden Augenmittelpunkte und den Fixationspunkt gelegte Kreislinie, welche für parallele Schachsen in eine horizontale Gerade übergeht, und eine im Mittelpunkt der letzteren oder der äusseren Bogenabtheilung errichtete Senkrechte. Der Horopter der Winkelverschiebung wird von zwei in einer geneigten Mittellinie sich schneidenden Ebenen dargestellt. Der Totalhoropter fällt natürlich, wenn keine Winkelabweichung vorhanden ist, mit dem ersteren zusammen, für die symmetrischen Convergenzstellungen mit einer solchen erscheint er aber als eine durch den Fixationspunkt gehende, in der vertikalen Mittelebene liegende Gerade, deren Neigung zum Horizont nach Grösse und Richtung durch die Winkelverschiebung bestimmt ist, nebst zwei rechts und links davon symmetrisch in der Visirebene gelegenen Punkten, deren Abstand vom Fixationspunkt und relative Annäherung an die Gesichtebene mit der Winkelabweichung wächst. — Indem Wundt, welchem die vorige Darstellung angehört, die Untersuchung auf die stereoskopischen Erscheinungen ausdehnt, hält er für empirisch erwiesen, dass sowohl mit correspondirenden Netzhautstellen doppelt, als mit nicht correspondirenden einfach gesehen werden kann, dass demnach ohne constant anatomischen Zusammenhang beider Netzhäute die Augen durchaus getrennt functioniren, deren Einzelempfindungen aber im Gehirn zur binocularen Vorstellung verschmelzen. — Hering lässt die bezügliche stereoskopische Wahrnehmung gelten, sieht aber darin keineswegs einen Beweis gegen die Identitätslehre, weil die Spielräume, innerhalb deren die Netzhautbilder von den correspondirenden Netzhautpunkten abweichen, wenn noch einfach gesehen werden soll, von sehr engen Grenzen eingeschlossen sind. Die daran geknüpfte Polemik als vorwiegend physiologischen Interesses verfolge ich nicht. Das Vorgebrachte gestaltet sich nach Form wie Inhalt allerdings für Hering günstiger, namentlich hat Wundt dessen mathematische Ausstellungen nicht zu entkräften gewusst, doch scheint mir damit über Sein oder Nichtsein der Identitätstheorie noch nicht endglitig abgeurtheilt zu sein.

§. 186. Ausser den auch hier bahnbrechenden Arbeiten von Helmholtz ist eine analytische Behandlung des Problemes durch H. Hankel bemerkenswerth.

Beide Netzhäute werden als Halbkugeln vom gleichen Radius ϱ angesehen, deren Pole O, und O,, die Retinalgruben repräsentiren. Ihre Verbindungslinien mit den Knotenpunkten K,, K,, jedes Auges heissen Gesichtslinien und sollen sich im Fixationspunkt F schneiden.

Jede Verbindungslinie von $K_,$ mit einem Netzhautpunkt $P_,$ gibt des letzteren Richtungslinie. Für je zwei zusammengehörige $P_,K_{,,}$ $P_{,,}K_{,,}$ existirt eine stetige Folge correspondirender Punkte $P_{,,}$ $P_{,,,}$ deren Richtlinien sich in Punkten schneiden, welche in einer durch den Fixationspunkt gehenden räumlichen Curve liegen, die eben der Horopter ist. — Das rechte Auge $K_,$ und das linke $K_{,,}$ sollen nach dem Fixationspunkt F blicken, wobei die Visirebene $FK_,O_{,,}$ $FK_{,,}O_{,,}$ horizontal liege und in analytisch geometrischem Sinne die xy Ebene darstelle, während die auf ihr im Fixationspunkt aufrecht errichtete Senkrechte die positive z Achse eines orthogonalen Coordinatensystemes ist, dessen x Achse den Winkel $K_,FK_{,,} = 2a$ der Gesichtslinien halbirt, und dessen y Achse nach Rechts hin als positiv gilt. Werden in $O_,$ und $O_{,,}$ Tangentialebenen $S_,$ und $S_{,,}$ an die Netzhaut gelegt und die Punkte der letzteren von $K_,$ und $K_{,,}$ aus darauf projicirt, so kann durch Aufeinanderlegung der Projectionsebenen eine unmittelbare Demonstration der correspondirenden Retinalpunkte gegeben werden. Zu diesem Behuf überträgt man zwei beliebigen durch $O_,$ in der Ebene $S_,$ liegenden aufeinander senkrechten Geraden $O_,U_{,,}$ $O_,V_,$ die Rolle der Coordinatenachsen $u_,$ und $v_{,,}$ ebenso in $S_{,,}$ ($u_{,,}$ und $v_{,,}$). Für zusammengehörige Punkte beider Ebenen ist $u_, = u_{,,,}$ $v_, = v_{,,}$. Wählt man die Gesichtslinie $O_,K_,$ zur $t_,$ Achse, welche in positivem Sinne nach Vorn läuft, und nennt γ den Winkel zwischen $O_,U_,$ und der xy Ebene, weiters unter analoger Bezeichnung für die andre Seite $\gamma_{,,} - \gamma_, = \gamma_,$ $FK_, = r_{,,}$ $FK_{,,} = r_{,,,}$ so sind $\gamma_,$ $r_{,,}$ $r_{,,,}$ α die zur Lösung des Horopterproblemes bestimmbaren Grössen. — Führt man zur Reduction von $u_,$ $v_,$ $t_,$ auf x, y, z ein Hilfsystem $\mu_,$ ν ein, dessen μ Achse der Durchschnitt der xy Ebene mit $S_,$ ist, so hat man $u_, = \mu \cos.\gamma_, + \nu \sin.\gamma_, = (y \cos.\alpha - x \sin.\alpha) \cos.\gamma_, + z \sin.\gamma_,$. — Wenn ϱ der Kugelradius $K_,O_, = K_{,,}O_{,,}$ ist, bedeutet $t_, = r_, + \varrho - x \cos.\alpha - y \sin.\alpha$ eine durch $K_,$ gehende Ebene, welche $S_,$ in der Geraden $u_, = \sigma$ schneidet, und deren Gleichung in Bezug auf das Coordinatensystem x y z ist:

$$\frac{1}{\sigma}\left((y\cos\alpha - x\sin\alpha)\cos\gamma_, + z\sin\gamma_,\right) + \frac{1}{\varrho}(r_, + \varrho - x\cos\alpha - y\sin\alpha) = 1,$$ anderseits:

$$\frac{1}{\sigma}\left((y\cos\alpha + x\sin\alpha)\cos\gamma_{,,} + z\sin\gamma_{,,}\right) + \frac{1}{\varrho}(r_{,,} + \varrho - x\cos\alpha + y\sin\alpha) = 1.$$

Alle Durchschnitte dieser Ebenen, in deren jedem solche Richtungslinien sich schneiden, welche zu in gleichen Abständen von $O_,V_,$ und $O_{,,}V_{,,}$ gelegenen Punkten von $S_,$ und $S_{,,}$ gehören, erhält man durch Elimination von σ in der Gleichung

$$\frac{(y\cos\alpha - x\sin\alpha)\cos\gamma_, + z\sin\gamma_,}{r_, - x\cos\alpha - y\sin\alpha} = \frac{(x\sin\alpha + y\cos\alpha)\cos\gamma_{,,} + z\sin\gamma_{,,}}{r_{,,} - x\cos\alpha + y\sin\alpha}$$

welche einer abwickelbaren Oberfläche zweiten Grades entspricht und auf die Form gebracht werden kann $p_{,}q_{,,}\cos\gamma_{,} - p_{,,}q_{,}\cos\gamma_{,,} = z(q_{,}\sin\gamma_{,,} - q_{,,}\sin\gamma_{,})$ in der sie leichter vergleichbar ist mit: $-p_{,}q_{,,}\sin\gamma_{,} + p_{,,}q_{,}\sin\gamma_{,,} = z(q_{,}\cos\gamma_{,,} - q_{,,}\cos\gamma_{,})$, der Gleichung aller Durchschnitte der Richtungslinien der in S, und $S_{,,}$ von $O_{,}U_{,}$ und $O_{,,}U_{,,}$ gleichweit entfernten Punkte. Der Durchschnitt der von beiden letzteren Gleichungen repräsentirten Flächen umfasst alle Schneidpunkte der Richtungslinien, welche zu correspondirenden Punkten beider Netzhäute gehören. Jene Schnittcurve mit doppelter Krümmung und vom vierten Grad stellt demnach den gesuchten Horopter dar, verbunden mit einer Geraden $x = \frac{r_{,} + r_{,,}}{2\cos\alpha}$, $y = \frac{r_{,} - r_{,,}}{2\sin\alpha}$, senkrecht auf der xyEbene.

Um sich über die Gestalt des Horopters genaueren Aufschluss zu verschaffen, sind die Projectionen der Curve auf zwei Coordinatenebenen zu bestimmen. — Die Projection des Horopters auf die xy Ebene erscheint analytisch in der Form

$$\left(y - \frac{r_{,} - r_{,,}}{2\sin\alpha}\right)\left(x^2 + y^2 - x\frac{r_{,} + r_{,,}}{2\cos\alpha} - y\frac{r_{,} - r_{,,}}{2\sin\alpha}\right) = -\left(\frac{\operatorname{tg}\frac{\gamma}{2}}{\sin\alpha}\right)^2$$

$$\left(x - \frac{r_{,} + r_{,,}}{2\cos\alpha}\right)\left(xy - x\frac{r_{,} - r_{,,}}{2}\sin\alpha - y\frac{r_{,} + r_{,,}}{2}\cos\alpha\right).$$

Dies ist ein Ausdruck für eine Curve dritter Ordnung, für welche in einem Punkte D: $x = \frac{r_{,} + r_{,,}}{2\cos\alpha}$, $y = \frac{r_{,} - r_{,,}}{2\sin\alpha}$ alle Factoren der Gleichung verschwinden. Dieser Punkt ist der Durchschnitt zweier reellen Curvenzweige. Es folgt ferner aus der letzten Gleichung, dass die Horopterprojection durch die vier reellen Durchschnitte eines Kreises und einer Hyperbel geht und dass sie den Kreis in seinen Durchschnitten mit der Geraden $x = \frac{r_{,} + r_{,,}}{2\cos\alpha}$ schneidet. Mit der Hyperbel hat sie fünf endliche Punkte gemein, der sechste Durchschnittspunkt aber ist der unendlich entfernte Durchschnitt der Geraden $y = \frac{r_{,} - r_{,,}}{2\sin\alpha}$ mit der Hyperbel. (Fig. 15. Poggendorff. 122. VI.)

„Die Horoptercurve kommt auf der linken Seite ihrer Asymptote auf uns zu, wenn wir mit den Augen K, $K_{,,}$ nach F hinblicken, bewegt sich auf F zu, wo sie die Hyperbel und den Kreis schneidet und in den Raum $FK_{,,}$ zwischen diesen beiden Linien eintritt. Sie verlässt diesen Raum in $K_{,,}$ und geht ausserhalb des Kreises zwischen diesem und der Geraden DM bis nach M, wo sie diese beiden Linien durchschneidet und in den Raum DM eintritt. In D geht sie durch den Durchschnitt von DM mit dem Kreise und gleichzeitig durch die Hyperbel und die Gerade DR hindurch und bleibt ausserhalb des Kreises und vor der Geraden DM, bis sie den Kreis und die Hyperbel gleichzeitig in $K_{,}$ durchschneidet. Von $K_{,}$ aus bleibt die Curve inner-

Fig. 15.

halb des Kreises und vor der Hyperbel, bis sie in D wieder diese beiden Linien durchschneidet und gleichzeitig DM und DR. Von nun an durchschneidet sie die angegebenen Linien nicht wieder, sondern verliert sich auf der rechten Seite ihrer Asymptote, die sie in dem zwischen D und M liegenden Raume schon einmal geschnitten hat, ins Unendliche."

Um die räumliche Lage des Horopter noch mehr zu präcisiren, projieirt man ihn auch auf die xzEbene mittels der Gleichung

$$\left(\frac{r_{,}-r_{,,}}{2\eta}\right)^2 \frac{\cos^2\alpha}{\sin\alpha}\left(x\sin\alpha - z\,\mathrm{ctg}\frac{\gamma}{2}\right) = x + z\frac{\mathrm{tg}\frac{\gamma}{2}}{\sin\alpha} \text{ oder für}$$

$$z + x\sin\alpha\,\mathrm{ctg}\frac{\gamma}{2} = \xi$$

$$\left(1+\sin^2\alpha\,\mathrm{ctg}^2\frac{\gamma}{2}\right)\xi\,\eta^2 = \left(\frac{r_{,}-r_{,,}}{2}\right)^2 \frac{\cos^2\alpha\sin\alpha\,\mathrm{ctg}\frac{\gamma}{2}}{\sin^2\frac{\gamma}{2}}\left(\eta+\frac{r_{,}+r_{,,}}{2}\cos\alpha\right)$$

$$-\left(\frac{r_{,}-r_{,,}}{2}\right)^2 \cos^1\alpha\,\mathrm{ctg}^2\frac{\gamma}{2}\cdot\xi.$$

Hiebei hat die Projection K_{*} des Knotenpunktes $K_{,}$ auf die

x Achse die Koordinaten $\xi = r_{,} \sin\alpha \cos\alpha \operatorname{ctg}\frac{\gamma}{2}$, $\eta = \frac{r_{,} - r_{,,}}{2} \cos\alpha$, wird also der Curvengleichung gerecht, und ebenso verhält es sich mit K_{**} für $K_{,,}$. — Mithin besteht die Kurve aus Einem Zug, tritt auf der abgewandten Seite ihrer Asymptote von Oben her ins Endliche, schneidet letztere im Fixationspunkt, entfernt sich dann von ihr, geht durch die Projektionen der Knotenpunkte auf die x Achse, nähert sich wieder der Asymptote und verliert sich endlich auf der dem Subjekt zugewandten Seite derselben nach Unten ins Unendliche.

Praktisch gestaltet sich die complicirte Horopterfrage viel einfacher. Weil nämlich beim gewöhnlichen Sehen sowohl der Raddrehungswinkel γ als der Unterschied der Entfernungen $r_{,}$ und $r_{,,}$ des Fixationspunktes von beiden Augen sehr kleine Grössen sind, weicht der Horopter nicht merklich von einem Liniensystem ab, welches aus einer Geraden und einem durch sie wie durch die Augenknotenpunkte gehenden Kreise besteht.

E. Instrumentale Hilfsmittel.

a. Das Ophthalmometer.

§. 187. Angesichts der Schwierigkeiten, welche sich bei den Messungen der für die Refraction wichtigen Dimensionswerthe der Hornhaut durch die unüberwindlichen Schwankungen des Kopfes oder Auges einstellen, hat Helmholtz das Ophthalmometer construirt, bei dessen Beschreibung wir am besten grossentheils den eigenen Worten des Erfinders folgen.

„Wenn wir durch eine planparallele Glasplatte, die wir schräg gegen die Gesichtslinie halten, nach einem Gegenstande blicken, sehen wir diesen in seiner natürlichen Grösse, aber um ein wenig seitlich verschoben, und diese Verschiebung ist desto grösser, je kleiner der Winkel zwischen den Lichtstrahlen und den Flächen der Platte wird. Das Ophthalmometer ist im Wesentlichen ein Fernrohr, zum Sehen auf kurze Distanzen eingerichtet, vor dessen Objektivglase nebeneinander zwei Glasplatten stehen, so dass die eine Hälfte des Objektivglases durch die eine, die andre durch die andere Platte sieht. Stehen beide Platten in einer gegen die Achse des Fernrohrs senkrechten Ebene, so erscheint nur ein Bild des betrachteten Objektes, dreht man aber beide Platten ein wenig und zwar nach entgegengesetzten Seiten, so theilt sich das einfache Bild in zwei Doppelbilder, deren Entfernung desto grösser wird, je grösser der Drehungswinkel der Glasplatten. Diese Entfernung der Doppelbilder aber kann aus den Winkeln, welche die Platten mit der Achse des Fernrohrs machen, berechnet werden. Stellt man die beiden Doppelbil-

der einer zu messenden Linie so aufeinander ein, dass sie sich gerade mit ihren Enden berühren, so ist die Länge der Linie gleich der Entfernung ihrer beiden Doppelbilder voneinander und wie diese zu berechnen."

Den mathematischen Nachweis für die Auffindung der Bildverschiebung aus dem Drehungswinkel der Platte und Dicke findet man mittels Fig. 16, worin AB die planparallele Glas-

Fig. 16.

platte, l, und l,, das Lot auf ihrer vorderen und hinteren Fläche, abcd den zweimal gebrochenen Strahl, be die Grösse der scheinbaren Verschiebung des Punktes a nach a,, gce = dcl,, den Austrittwinkel von Glas in Luft, welcher ersichtlich mit seinem Complement dcB = abA, dem Neigungswinkel von Strahl und Glas variirt, bcg den zu gce gehörigen Incidenzwinkel im Glase, also $\frac{\sin . gce}{\sin . bcg} = n$ den Brechungscoëfficienten des Glases bedeutet. Unmittelbar aus der Betrachtung der Figur ergeben sich folgende geometrische Gleichungen:

$$be = bc . \sin . bce \qquad bc = \frac{cg}{\cos . bcg} \quad \wedge \; bce = gce - bcg$$

$$be = \frac{cg \times \sin (gce - bcg)}{\cos . bcg}$$

Von den zahlreichen Anwendungen des Ophthalmometer mache ich bloss namhaft diejenige zur Messung der Hornhautkrümmung, des Cornealabstandes der Pupille, der Linsenkrümmungen des lebenden Auges. Ausserdem ist es auch zur Untersuchung allgemeiner optischer Werthe geeignet, wie der Brechungscoëfficienten und Brennweiten. —

Die Technik der optischen und andren Apparate zu verfolgen, halte ich im Allgemeinen nicht für meine Aufgabe. Auch hier bemerke ich nur hinsichtlich des ersten der erwähnten Probleme, dass von Helmholtz als Objekt des ophthalmometrischen Hornhautbildes

unter Anderm, wie ich finde besonders einfach und vortheilhaft, ein helles Fenster vorgeschlagen wird, für dessen Bilder-Uebergreifen oder -Voneinanderweichen an den parallelen Grenzen, angedeutet beziehlich durch einen helleren oder dunkleren Streifen das Auge in der That höchst empfindlich ist. Hat man das Hornhautbild gemessen, wobei zufällige Kopfschwankungen deshalb ganz einflusslos sind, weil sich die Doppelbilder in gleicher Weise ohne Veränderung ihrer gegenseitigen Stellung mitbewegen, und die Bildgrösse höchstens bei leicht vermeidlicher allzugrosser Nähe des Objektes alterirt würde, so erhält man den Krümmungshalbmesser der Hornhaut durch Rechnung, indem sehr nahe die Grösse des Objektes zu seinem Augenabstand sich verhält, wie die Bildgrösse zum halben Krümmungsradius.

b. Der Augenspiegel.

§. 188. Weil der Gang regelmässig gebrochener Strahlen stets ein umkehrbarer ist, geht alles in die Pupille eingetretene Licht wieder dorthin zurück, woher es kam, so dass abgesehen von dem grossentheils absorbirten, an sich schwachen diffusen Lichte im Auge ein Beobachter sein Sehorgan selbstleuchtend machen und überdies für die Netzhaut des untersuchten Auges gut accommodiren müsste, um an letzterem etwas zu erkennen. Helmholtz hat dies auf indirectem Wege durch theilweise Zurückwerfung nach folgendem Schema ermöglicht: Fig. 17. — a beobachtetes, b beobachtendes Auge, beide

Fig. 17.

durch Schirme geschützt vor den directen Strahlen der Flamme c, deren Licht in der Richtung ed auf den unbelegten Glasplattensatz ef fällt, um unter theilweiser Polarisirung nach da ins untersuchte Auge geworfen zu werden; von diesem zurückkehrend geht es jetzt, noch mehr in polarisirten Zustand gebracht, grossentheils durch ef nach b, woselbst der Beobachter durch Einschaltung konkaver Linsen ein deutliches Bild der Netzhaut von a sich verschaffen kann. Hiebei geht allerdings ziemlich viel Licht verloren, das Auge erfährt aber auch nur eine kaum lästige, jedenfalls unschädliche Reizung. Legt

man indess grösseren Werth auf Gewinnung beträchtlicher Lichtstärken, was zu diagnostischen Zwecken nothwendig sein kann, so wird die Reflexion statt den unbelegten Glasplatten ebenen oder gewölbten Spiegeln übertragen, welche um die vom untersuchten Auge zurückkommenden Strahlen zum Beobachter gelangen zu lassen, in der Mitte durchbohrt sind. Ruete wendet einen concaven, Coccius einen ebenen, Zehender einen convexen Spiegel an, Meyerstein anscheinend mit wenig Vortheil ein reflectirendes Prisma.

§. 189. Zur theoretischen Begründung des im Wesentlichen durch Helmholtz einfürallemal festgesetzten Principes stellt der hiemit allein schon zum wissenschaftlichen Pfadfinder, wie zum Wohlthäter der leidenden Menschheit gewordene Forscher folgende Sätze auf.

α.

Wenn zwei Lichtstrahlen in entgegengesetzter Richtung durch beliebig viele einfach brechende Mittel gehen und in einem dieser Medien in eine gerade Linie zusammenfallen, so fallen sie in allen zusammen. — Dies folgt einfach aus den elementaren Gesetzen der Lichtbrechung und wird durch die gewöhnlichen Schicksale der Strahlen in den durchsichtigen Stoffen nicht alterirt, vorausgesetzt, dass keine Modification der Brechbarkeit und keine magnetische Drehung der Polarisationsebene statthat. In specieller Anwendung dieses allgemeinen Satzes auf das Auge ist jeder Strahl, dessen Bahn von der Netzhaut bis zur Linse mit der eines andren zusammenfällt, auch ausserhalb des Auges mit demselben congruent. — Eine ähnliche Regel gilt für die Intensität des ein- und austretenden Lichtes.

β.

Wenn die Pupille des beobachteten Auges leuchtend erscheinen soll, muss sich auf seiner Netzhaut das Bild der Lichtquelle ganz oder theilweise mit dem Bilde der Pupille des Beobachters decken. Nur so nämlich erhält dieser genügend Licht vom untersuchten Orte, um ihn genau oder doch im Zerstreuungskreise zu sehen. — Bei der Retinalreflexion des Lichtes, welche natürlich optische Grundbedingung der fraglichen Erscheinung ist, leisten die stabförmigen Körperchen einen eigenthümlichen Dienst. Die Achse dieser 0,03 mm. langen, 0,0018 mm. dicken, stark Licht brechenden Cylinder ist im Allgemeinen gegen die Pupille gerichtet, und bezeichnet zugleich für die beim directen Sehen allein in Betracht kommenden Centraltheile der Netzhaut die Bahn der für letztere wirksamsten Lichtstrahlen. Auch die einigermassen geneigt einfallenden Strahlen treffen jedenfalls die Grenzflächen der Stäbchen und des Substrates, worein sie gebettet

sind, unter so grossen Winkeln, dass wohl immer totale Reflexionen eintreten werden, das meiste Licht also, welches in ein Stäbchen eingedrungen ist, dieses nicht mehr verlässt, sondern ungeschwächt bis zur Aderhaut gelangt, hier Reflexion oder Zerstreuung erleidet und dann grösstentheils gegen die Pupille hin wieder zurückkehrt. Es ist klar, dass diese Vorgänge nicht bloss einer lichtstarken Spiegelung zu gut kommen, zumal bei den mit einem tapetum statt schwarzer Pigmentzellen ausgestatteten Thieren, sondern auch der Genauheit des Sehens dienen, indem die empfindenden Nervenelemente, und zwar jedesmal die nämlichen oder doch allernächsten vom Lichte zweimal beim Hin- und Hergang getroffen werden. (Brücke).

γ.

In einem centrirten System brechender Kugelflächen sei n_1 das Brechungsverhältniss des ersten, n_2 das des letzten Mittels. In dem ersten befinde sich senkrecht gegen die Achse des Systemes gerichtet und der Achse nahe ein Flächenelement α, in dem letzten ein eben solches β. Wenn α die Helligkeit $n_1{}^2H$ hat, und β die Helligkeit $n_2{}^2H$, so fällt ebensoviel Licht von α auf β, als von β auf α . . . oder mit besondrer Anwendung auf das Augenleuchten: Die Lichtmenge, welche von einem Flächenelemente der Netzhaut des beobachteten Auges in das Auge des Beobachters fällt, ist gleich der Helligkeit, mit der das Netzhautelement von der Lichtquelle erleuchtet wird, multiplicirt mit der Lichtmenge, welche von der Pupille des Beobachters, wenn sie die Helligkeit 1 hätte, auf das Netzhautelement fallen würde.

δ.

Wenn ein Beobachter durch ein centrirtes System brechender und spiegelnder Kugelflächen ein scharfes Bild eines leuchtenden Gegenstandes erblickt und wir den Verlust von Licht an den brechenden und spiegelnden Flächen vernachlässigen können, so erscheint jede Stelle des Bildes dem Beobachter ebenso hell, wie ihm die entsprechende Stelle des Gegenstandes ohne optische Instrumente gesehen erscheinen würde, so oft die ganze Pupille des Beobachters von den Strahlen getroffen wird, die von einem einzelnen Punkt jener Stelle ausgehen. Ist diese letztere Bedingung nicht erfüllt, so verhält sich die Helligkeit des optischen Bildes zur Helligkeit des frei gesehenen Gegenstandes, wie der von Strahlen eines leuchtenden Punktes getroffene Flächenraum der Pupille des Beobachters zur ganzen Pupille. —

§. 190. Die dem Zweck der Beobachtung diensame richtige Be-

leuchtung ist nur die eine, allerdings wichtigste Seite der optischen Functionen, zu denen der Augenspiegel verhelfen soll; in zweiter Linie kommt es darauf an, ein deutliches Bild der erleuchteten Theile, vornehmlich der Netzhaut zu gewinnen, was mittels der gewöhnlichen Accommodationskräfte eines freien Auges kaum möglich wird. Dagegen gelingt es sehr leicht, wenn man sich der Herstellung virtueller oder reeller Bilder durch die Brechung der austretenden Strahlen in Linsengläsern bedient. Für eine concave Zerstreuungslinse, deren negative Brennweite p, besteht zwischen ihrem Abstand von dem Punkte, wo das untersuchte Auge selbst ein Bild seiner Netzhaut entwirft, α, und der Sehweite des Beobachters γ, an deren Grenze das secundäre Bild hin verlegt werden soll, die Relation $\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{p}$. Ist ferner β die Ausdehnung der leuchtenden Netzhautpartie, δ diejenige ihres virtuellen Bildes, so wird das Vergrösserungsmass in dem Ausdruck $\frac{\beta}{\delta} = \frac{\alpha}{\gamma}$ oder $\frac{\delta}{\gamma} = \frac{\beta}{\alpha}$ angegeben. — Die Netzhautbilder des untersuchten Auges erscheinen unter solchen Umständen dem Beobachter in wenig grösserem Gesichtwinkel, als die entsprechenden Gegenstände dem ersteren. Das Sehfeld des Beobachters aber auf der Netzhaut des beobachteten Auges entspricht dem Zerstreuungsbild, in welchem der Pupillenmittelpunkt des Beobachters auf jener erscheint, und ist begrenzt vom undeutlich gesehenen Rand der Pupille des untersuchten Auges.

Soll ein reelles Bild der Netzhaut erzeugt werden, so wählt man eine convexe Linse von der Gleichung $\frac{1}{\gamma} - \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p}$. Ist x die Grösse eines Netzhauttheiles, β diejenige des von den Augenmedien selbst entworfenen Bildes, δ die des Linsenbildes, y die Entfernung der Netzhaut vom hinteren Knotenpunkt des Auges, q der Abstand des ersten Linsenhauptpunktes vom vorderen Augenknotenpunkt, so steht

$$\left.\begin{aligned} \frac{x}{\beta} &= \frac{y}{\alpha + q} \\ \frac{\beta}{\delta} &= \frac{\alpha}{\gamma} \end{aligned}\right\} \frac{x}{\delta} = \frac{y \cdot \alpha}{\gamma(\alpha + q)} = \frac{y(\alpha + p)}{p(\alpha + q)} \quad \left(\gamma = \frac{\alpha \cdot p}{\alpha + p}\right)$$

oder für $p = q$, wozu man bloss die Pupille des untersuchten Auges in den Brennpunkt der Linse einzustellen braucht $\frac{\delta}{x} = \frac{p}{y}$, welche wirkliche Vergrösserung unter Annahme einer Sehweite von 25 cm. und eines Augenabstandes vom reellen Bild = c der scheinbaren $\frac{p}{y \cdot c} \times 25$ cm. entspricht.

Das Sehfeld hängt bei der zuletzt erwähnten Position nur von der Oeffnung der Linse ab, und ist, falls diese dem untersuchten Auge sehr nah steht, von dessen Pupillenrand begrenzt.

c. Das Mikroskop.

α. Allgemeines.

§. 191. Die optischen Grundlagen des Mikroskopes und des mikroskopischen Sehens werden hier als bekannt vorausgesetzt. Immerhin aber bietet sich ausser einigen besondren Gegenständen, welche unter: β. γ. δ. betrachtet werden sollen, Einiges von allgemeinerer Bedeutung der medicinischen Physik als besonders wichtig dar.

§. 192. Die Beurtheilung eines Mikroskopes nach der Güte der vernünftiger Weise von ihm zu erwartenden Leistungen ist höchst schwierig und ebensosehr vom praktischen Geschick, als von der theoretischen Kenntniss abhängig, überdies gewissermassen immer nur von relativem Werthe, weil nach der jeweiligen Verwendung des Instrumentes verschiedenartige Eigenschaften desselben in den Vordergrund treten. Keinesfalls darf ausschliesslich die, allerdings meist zuerst in Anspruch genommene Vergrösserungskraft in Betracht gezogen werden, obschon sie natürlich einen wichtigen, verhältnissmässig leicht bewältigbaren Theil der Prüfung bildet. Die Vergrösserung als das Product der vergrössernden Kräfte von Objectiv und Ocular lässt sich durch Rechnung oder durch das Experiment finden. Erstere, bei welcher nach dem leicht verständlichen Schema der Fig. 18. die Grössen αβ, ab, cd, cδ; ab, AB, od, oD in Aufnahme

Fig. 18.

kämen, wird selten ausgeführt, vielmehr gewöhnlich durch das letztere ersetzt. Betrachtet man ein auf dem Objecttisch liegendes Glasmikrometer, auf welchem 1 mm. in 100 Abtheilungen zerlegt sein mag, in einem unter 45° gegen die Mikroskopachse geneigten über dem Okular angebrachten Spiegel und gleichzeitig mit dem anderen Auge einen dem Mikroskop parallel in der, zur Vereinfachung als normal angenommenen, Schweite aufgestellten Maassstab von bekannter Eintheilung, etwa nach Centimetern, und findet man beispielsweise, dass scheinbar auf die Länge eines letzteren fünf der Hunderttheile eines Millimeters vom Mikrometerbild fallen, so dehnt das Mikroskop für das bewaffnete Auge die Anschauung von 0,05 mm. auf dieselbe Länge aus, unter welchem dem gewöhnlichen Sehen 1 cm. erscheint, und ist demnach der W e r t h d e r V e r g r ö s s e r u n g im Linearmaass $\frac{10}{0,05} = 200.$ —

§. 193. Mit der bisher untersuchten Grösse tritt eine zweite: die L i c h t s t ä r k e des Bildes in eine Beziehung, welche sich jenseit gewisser Grenzen zu einem unschlichtbaren Conflict steigern kann, indem die nämliche Lichtmenge bei Mehrung der Linearvergrösserung von 100 auf 1000 eine $10^2 = 100$fach grössere Fläche erhellen muss, was bald eine solche Dürftigkeit der Beleuchtung zur Folge hat, dass der wirkliche Nutzen sehr hoher Vergrösserungen höchst problematisch erscheint, und bloss für specielle Fragen unter ungewöhnlicher Variation der Lichtincidenz über jedem Zweifel steht. — Im Allgemeinen ist das zur B e l e u c h t u n g d e r m i k r o s k o p i s c h e n O b j e c t e, welche der Mehrzahl nach in d u r c h s c h e i n e n d e m Zustand zur Untersuchung gelangen, benützte Licht von einer spiegelnden Fläche entnommen, deren Form theoretisch wie praktisch sich als gleichgiltig herausstellt, und für welche nur wesentlich ist, dass sie das daraufgeleitete Licht abgesehen von geringfügigen Absorptionsverlusten ebenso vollständig und allseitig wiedergibt, wie ein gleichgestellter selbstleuchtender Körper. Ausser einer günstigen Einfallrichtung des Lichtes ist demnach nur noch die Lage des Spiegel hinsichtlich des bekannten Winkelgesetzes der Reflexion von Wichtigkeit, die Grösse desselben aber bloss insofern, als der Umfang des zurückgeworfenen Strahlenbüschels mindestens die ganze Blendung ausfüllen muss. Unter dieser factisch stets erfüllten Voraussetzung ist auch der Abstand des Spiegel von keiner Bedeutung, weil bei dessen Veränderung in demselben quadratischen Verhältniss, in welchem die Lichtstärke jedes Flächenelements abnimmt, die Anzahl der reflektirenden Punkte steigt. — Die in manchen schwierigen Fällen erwünschte s c h i e f e B e l e u c h t u n g der Objecte kann erzielt werden durch theilweise Verdeckung der Blendungsöffnung, oder durch seitliche Verschiebung des Spiegel.

Die schiefe Beleuchtung kann als optisches Correktiv wirken, wenn zwischen der Neigung der Strahlen und der immer nur relativen Aplanasie der Objektivlinsen eine günstige Beziehung herrscht, welche möglicherweise vom Zufall herbeigeführt wird oder Dank den oft wunderbar richtigen Griffen des praktischen Taktes, aber wohl nie das Resultat einer absichtlichen Berechnung ist. An Objekten mit abwechselnden Erhabenheiten und Vertiefungen oder Schichten von zarten Dichtigkeitsdifferenzen treten in der schiefen Beleuchtung die Gegensätze zwischen Hell und Dunkel deutlicher hervor, weil kräftigere Kernschatten der Vorsprünge erzeugt werden, als in der vorzugsweise nur Halbschatten producirenden geraden Bestrahlung. Gewinnt hiebei im Allgemeinen die Deutlichkeit der Anschauung und sind namentlich in schiefem Lichte oft Streifen sichtbar, welche unter geradem Einfall fehlen, so ist dies doch zum Theil bloss ein scheinbarer Vortheil, weil sich in jenem Falle an der Erzeugung einer zusammengehörigen hellen und dunklen Stelle je zwei benachbarte Objektelemente zu betheiligen pflegen, also die wahre Anzahl der Lichtwechsel halbirt wird. Da indess gewöhnlich viel weniger auf die absolute Menge dieser Variationen im optischen Verhalten ankommt, als auf die sichere Constatirung derselben, welche an sich gewisse Schlüsse auf die Molekularstructur der betrachteten Gegenstände zulassen, so kann auch hiedurch der der schiefen Beleuchtung vornehmlich verdankte Contrast von Licht und Schatten eine erwünschte Steigerung erfahren. —

Undurchsichtige Mikroskopobjecte müssen natürlich durch auffallendes, in der Regel mittels Sammellinsen concentrirtes Licht beleuchtet werden. Für schwächere Vergrösserungen ist dies Verfahren ohne jeden Nachtheil, bei stärkeren aber ist eine zweifelhafte Vertheilung der Schatten im Objekt zu besorgen, welches von jenen an zahlreichen Punkten seiner Fläche überdeckt werden kann. Im ähnlichen Verhältniss besser wirksam, wie reines Oberlicht an Vortrefflichkeit des Beleuchtungseffectes gewöhnlichem Seitenlichte voransteht, müsste nach Naegeli's Vorschlag, dessen und Schwendener's Werk über das Mikroskop zum Studium aller darauf bezüglichen Fragen am empfehlenswerthesten ist, ein in der Mitte durchbohrtes Hohlspiegelchen sein, welches am Objektiv so befestigt wird, dass die wirksame Fläche des letzteren jene Centralöffnung ausfüllt, wobei gut ist, wenn die Brennpunkte von Spiegelchen und Objectiv möglichst nah zusammenfallen; nur dann nämlich werden die durch einen gewöhnlichen Beleuchtungsspiegel in die Oeffnung des Objekttisches von unten herauf gesendeten Strahlen vom Concavspiegelchen so gegen den Gegenstand zurückgeworfen, dass die Oberfläche gleichmässig erhellt und aller Schatten auf die dem Beobachter abgewandte Seite verdrängt erscheint. —

§. 194. Eine Unterscheidung, welche William Herschel zunächst im Gebrauch der Teleskope eingeführt hatte, übertrug Goring aufs Mikroskop: seine definirende Kraft bezieht sich auf die scharfe Begrenzung, seine penetrirende auf die deutliche Wiedergabe des inneren Details der mikroskopischen Gegenstände. So viel Richtiges in dieser Aufstellung liegt, und so allgemein sich ihre optische Begründung dort auf die die Lichtstärke bedingende Oeffnung, hier auf die genaue Construction der Bildgebenden Apparate beziehen lässt, fällt eben doch die Erfüllung beider Forderungen an einem Instrument in Eines zusammen, indem besten Falles nicht mehr geleistet wie gewünscht werden kann, als dass die präcise Verbesserung der beiden natürlichen Abweichungen sphärischer Gläser möglichst gleichmässig auf alle zur Wirksamkeit gelangenden Strahlen vertheilt sei. Dies kommt aber selbstverständlich der Gesammtleistung des Mikroskopes sowohl hinsichtlich der Grenzen, als der inneren Anordnung der Gegenstände zu gut, während eine gröbere Mangelhaftigkeit darin durch keinen, wenn überhaupt möglichen einseitigen Gewinn ausgeglichen werden könnte. Uebrigens ist klar, dass eine räumliche Scheidung der mit der einen oder andern Arbeit betrauten Strahlen allerdings besteht, indem die „Definition" den peripherischen, die „Penetrirung" den centralen Strahlen zufällt.

§. 195. Im strengsten Sinne hat das mikroskopische Bild keine Tiefendimensionen, alles Körperliche im Gesehenen liegt also mehr im Bereich der Deutung, als des unmittelbaren Sinneseindruckes — wir sehen hier Flächenhaftes, und auch dieses nicht in einer einfachen Ebene und ohne jegliche Veränderung der geometrischen Verhältnisse. Einmal nämlich kommt eine Krümmung der Bildfläche vor, welche der verschiedenen Wirksamkeit der centralen und peripherischen Linsentheile wegen ungleichen Abstandes der Objectpuncte zuzuschreiben ist und in deren Folge das Collectivbild nach Oben gewölbt erscheint. Auch das virtuelle Bild der Ocularlinse ist gekrümmt, weil die peripherischen Punkte eines ebenen Objectes weiter von den sphärischen Flächen abstehen, als die mittleren; das erstere könnte demnach bloss eben werden, wenn das reelle Bild des Objectivsystemes nach Oben konkav wäre. Dann aber entsteht auch noch eine Verzerrung dadurch, dass eigentlich nur die durch den Mittelpunkt des Gesichtfeldes gehenden Geraden wirklich gerad erscheinen, alle anderen aber als Kurven, deren einwärts konvexe Biegung mit dem Centralabstand wächst, wieder wegen der verschiedenartigen optischen Funktion der Mittel- und Randstrahlen, doch diesmal nicht wie oben gegenüber der Bildkrümmung wegen der ungleichen Abstände äusserer und innerer Objectpunkte von den entsprechenden Elementen des Brechungsmittels, sondern in Folge

der sphärischen Aberration, welche grösstentheils corrigirt sein kann, ohne dass hiemit auch die Krümmung des Gesichtfeldes verschwinden muss. —

§. 196. Wenn ich schliesslich noch den Einfluss der Deckgläschen kurz erwähne, so geschieht es weniger um ihrer selbst willen, als wegen der neuerdings in Aufnahme gekommenen Immersionsmethode. Für jene wird aus Fig. 19 klar, dass das Object (l) durch sie gehoben (nach s) erscheint. ab bedeutet die Fläche des Objecttisches oder genauer die Ebene, in welcher der beobachtete Gegenstand liegt, cd die untere, ef die obere Grenzfläche des Deckgläschens, das natürlich parallelwandig vorausgesetzt wird, gh die äussere Grenze des Linsensystems, darauf speciell ik die Oeffnung des Objectives. Der Gang der Grenzstrahlen eines von l divergirenden Wellenbüschels wird unter Berücksichtigung der zweimaligen Brechung an cd und ef ungefähr durch loqi und lprk gegeben sein. Abgesehen von allen weiteren Schicksalen des Lichtes im Mikroskop selbst fällt also in Folge des Deckgläschens der scheinbare Ort von l nach s, als dem geometrischen Durchschnitt der rückwärts verlängerten letzten Strahlen qi und rk. Da in feineren Fällen der Lagenunterschied von l und s die refraktive Aufgabe der Objectivlinsen verändert, gehört zu jedem bestimmten System der letzteren ein Deckgläschen von genau angepasster Dicke, wie denn auch solche zu specieller Benützung der einzelnen Linsen den neueren Instrumenten beigegeben werden. Andren Falles ist durch eine Schraubenvorrichtung an der Objectivfassung dafür gesorgt, dass je nach Bedürfniss der gegenseitige Abstand der Bestandtheile des Systemes verändert werden kann. Dies ist namentlich nothwendig, wenn dasselbe ebensogut zu gewöhnlichen Zwecken, wie zu Immersionsbeobachtungen verwendbar sein soll. Hier ist das Object nicht nur ganz in Wasser versenkt, sondern diese Flüssigkeit erstreckt sich in einem zusammenhängenden Tropfen bis zum Objectiv, wonach alle Grenzflächen der verschiedenen Medien in Fig. 19 zwischen ab und gh wegfallen. Wenn nun bei voriger Betrachtung der Einfachheit wegen ober und unter dem Deckgläschen Luft angenommen ward, was für abcd allerdings nur selten der Fall sein wird, so fiele der damals im Kegel olp zusammengefasste Lichtwellencomplex in Wasser, wenn das Verhältniss der Sinusse von ols und mls nahezu wie 4 : 3 gemacht wird, (also die nämliche Lichtmenge) in das ko-

Fig. 19.

nische Bündel mln, welches in demselben Medium bleibend keine fernere Ablenkung erleidet und die Objectivöffnung ik nicht ganz ausfüllt. Vielmehr gehen jetzt auch noch in dieselbe die konisch-ringförmigen Strahlenbüschel ilm und nlk hinein, welche die Helligkeit des Bildes vermehren, worin in der That, soweit wenigstens ich sehe, der noch durch wegfallende Reflexionen vermehrte Hauptvortheil des Immersionsverfahrens besteht.

β. Die Mikroskopie der stofflichen Structur.

§. 197. Die erste Frage, welche bei der mikroskopischen Beurtheilung der Molekularbeschaffenheit von Beobachtungsgegenständen auftaucht, ist diejenige nach dem Aggregatzustand. Ihre bestimmte Beantwortung macht in der Regel keine Schwierigkeiten. Im Zweifel bleibt die Entscheidung am ehesten bei Vorlage gallertiger Massen, bei denen man auch thatsächlich von einem Uebergang zwischen dem festen und flüssigen Aggregatzustand sprechen könnte. Nur wenn überhaupt noch eine gewisse Consistenz derselben besteht, kann von einer differentiellen Diagnose die Rede sein. Schwimmt die Gallerte frei in einer indifferenten Flüssigkeit, so gibt der Zusatz eines Farbstoffes oft über die Begrenzung jener entschiedenen Aufschluss, indem derselbe meist innerhalb der Gallerte gesättigter hervortritt und namentlich die Grenzlinien scharf markirt. Ist die Gallerte in Zellhäuten eingeschlossen, so gibt ihr von einer Flüssigkeit nicht gezeigtes Hinderniss gegen molekulare Bewegungen fein vertheilter Körperchen Anhaltspunkte. — Die Erkennung flüssiger Stoffe an sich wird besonders schwierig, wenn die Ausfüllung von Spalten in festen Körpern durch Flüssigkeiten oder Gase entschieden werden soll. Unter einfacheren Verhältnissen ist die leichte Verschiebbarkeit der Theilchen durch Druck ein sicheres Unterscheidungszeichen zwischen flüssigen und festen Materien, welche die raschen Formänderungen jener bei leichten Pressionen mittels des Deckgläschens nicht zeigen, während Gase bei ihrer hohen Elasticität compressibel erscheinen. Die Probe wird um so überzeugender, wenn bei Nachlass des Druckes die frühere oder doch eine ähnliche Gestalt des Tropfens von den verdrängten Theilchen wieder angenommen wird. — Flüssigkeiten erweisen sich nie doppelbrechend, so dass wenigstens in ausschliessender Weise aus dem Eintritt dieser Erscheinung auf die örtliche Abwesenheit jener gefolgert werden kann. — Gasförmigen Substanzen gegenüber ist eine scharfe Distinction der Flüssigkeiten möglich, wenn die Brechungskräfte der voraussichtlich vorhandenen Medien bekannt ist, so dass nicht über ihre Gegenwart an sich, sondern über die Art ihrer Vertheilung mikroskopisch noch zu entscheiden ist. Bei gänzlicher Voraussetzungslosigkeit des Sach-

verhaltes lässt sich kaum über ihn etwas Sicheres aussagen, denn eine Luftblase in Wasser sieht genau so aus, wie ein Wassertropfen in Schwefelkohlenstoff, und linsenförmige Hohlräume fester Körper erscheinen im Profil schwarz, von der Fläche gesehen röthlich, ob sie mit Wasser oder mit Luft gefüllt sind. — Den einzigen Anhaltpunkt für die Beurtheilung des Befundes an neuen und fremdartigen Objecten gewährt die möglichst genaue und vielfältige Vergleichung mit schon bekannten Erscheinungen, oder die experimentale Behandlung der Gegenstände durch unmittelbare Präparation auf dem mikroskopischen Beobachtungstisch.

§. 198. Im gegenseitigen Verhältniss der festen und flüssigen Stoffe sind die Phänomene der Quellung um so wichtiger, als nur die organischen Körper sich ihrer fähig zeigen, demnach sieein sehr einfaches Unterscheidungsmittel derselben gegen die unorganisirten ist. Das sichtbare Zeichen des Vorganges, welches allein mikroskopisch verfolgt werden kann, ist Zunahme des Volumens bei Eintritt, Abnahme beim Rückgang der Imbibition. Nur ausnahmsweise sind damit Ent- oder Verfärbungen verbunden. Wenn sich die interne Vertheilung der imbibirten Flüssigkeit immer genau verfolgen und feststellen liesse, wäre dies ein grosser Gewinn für die Erforschung der Molekularstructur, welche zweifellos den Gang jener Erscheinungen bedingt. Leider entziehen sich dieselben in vielen Stadien des Verlaufes ganz dem Blick und gewähren in andren oft nur zweideutige Bilder. Aehnlich verhält es sich mit den Rückbildungsprocessen bei der Austrocknung, bei denen im günstigen Falle Risse und Zerklüftungen Grade und Richtungen molekularer Spannungen verrathen. — Diosmotische Strömungen sind ebenfalls nur zuweilen für die mikroskopische Anschauung so gut charakterisirt, dass daraus bestimmte Schlüsse auf Molekuracte gezogen werden können. Bemerkenswerth ist in dieser Hinsicht das verschiedentliche Verhalten lebender und todter Zellwände; jene lassen gelöste Farbstoffe nicht durchtreten, wohl aber diese. —

§. 199. Andre Eigenschaften des Materiales, wie Cohäsion, Elasticität, Weichheit oder Härte lassen sich unter dem Mikroskop nicht anders erruiren, als durch die auch sonst dafür übliche mechanische Behandlung, welche hier mit besonderen Schwierigkeiten zu kämpfen hat, deren erfolgreiche Besiegung um so mehr zu wünschen ist, als in den erwähnten Verhaltungsarten die Körper nothwendig von den gleichnamigen Qualitäten ihrer mikroskopischen Elemente bestimmt werden. —

γ. Die Bewegungen im mikroskopischen Gesichtfeld.

§. 200. Alle Bewegungen, welche unter dem Mikroskop verfolgt werden, haben der Natur der Sache nach eine sehr übertriebene Geschwindigkeit, und erhalten erst durch Zurückführung auf das wirkliche Verhältniss von Raum und Zeit reelle Bedeutung.

Ausserdem ist man auch über die Form der Bewegungen leichter Täuschung ausgesetzt. Sind mit räumlicher Vorwärtsschreitung schraubenförmige Achsendrehungen kleiner Körperchen verbunden, so fallen die den successiven Zeitpunkten entsprechenden Horizontalprojectionen der jeweiligen Aufenthaltorte so übereinstimmend aus, dass man das täuschende Bild einer Schlangenbewegung gewinnt. Vibrionen und Spermatozoen geben am häufigsten zu solcher Störung oder Verwirrung der Anschauung Anlass. — Bei den oft vorkommenden Spiralbewegungen sphärischer und cylindrischer Körper ist die rechts- oder linkswendige Richtung zuweilen schwer zu erkennen, ja eine vollkommene Sicherheit ist nur möglich, wenn feste Punkte von bekannter Lage zur Spiralachse ein Stück weit in ihrer Bewegung verfolgt werden können. —

Wo freie Beweglichkeit herrscht, folgt die Anordnung der Körperchen im mikroskopischen Sehgebiet durchaus den Gesetzen der Schwere, so dass leichte in einer Flüssigkeit emporsteigen, schwere sinken, ruhend aber nur solche verbleiben können, welche mit ihrer Umgebung gleichen specifischen Gewichtes sind, oder durch zähe Medien und feste Ansatzstücke gefesselt sind.

Höchst merkwürdig sind die Strömungen in dem pflanzlichen Plasma und der thierischen Sarkode, welche nach Hofmeister Resultanten sind zweier entgegengesetzter Bewegungen, einer fortschreitenden der festen Theilchen und einer rückläufigen des ihnen untermischten Wassers.

δ. Die mikroskopische Untersuchung im polarisirten Lichte.

§. 201. Einige Objekte verrathen gewisse Eigenthümlichkeiten erst in einem Lichte, welches in jener Aussonderung gleichartiger Schwingungsrichtungen angewendet wird, die als Polarisation bezeichnet worden ist. Unter den verschiedenen Methoden derselben eignet sich hier am besten diejenige mittels der Nicol'schen Prismen. In Kalkspatrhomboëdern erleidet bekanntlich jeder Lichtstrahl eine doppelte Brechung, welche eben nichts anderes ist, als die Scheidung in gleichartige Wellen, welche im gemeinsamen Strahl senkrecht zu diesem, unter sich aber beliebig geneigt sein konnten, in jedem Sonderstrahl aber auf lauter parallele Schwingungsrichtungen reducirt sind. Hiemit ist nun jeglicher der letzteren polarisirt. Durch Anschleifung einer künstlichen Endfläche unter 68° gegen die Längskanten, und einer

neuen Fläche a b, sowie durch Zusammenkittung zweier so bearbeiteter Prismen längs der letzteren mittels Canadabalsam erhält man einen Brechungsapparat, in welchem der gewöhnliche Strahl durch Totalreflexion bei e abgelenkt und ausgeschieden, der aussergewöhnliche aber nach de weitergesendet wird. (Fig. 20). — Solch eine Polarisationsvorrichtung wird in der Oeffnung des Objecttisches befestigt, wobei rathsam ist, den Querdurchmesser der unteren Fläche senkrecht zur Drehungsachse des Beleuchtungsspiegels einzustellen (Mohl), dieselbe zur Vermeidung schädlicher Spiegelung aber der Lichtseite abund sich selber zuzuwenden (Naegeli). Ein zweites Kalkspatprisma lässt nur diejenigen Schwingungen durch, welche zum Hauptschnitt parallel gehen, verschluckt dagegen die dazu senkrechten. Wird also ein solches in den weiteren Strahlengang eingeschaltet, so gibt der polarisirte aussergewöhnlich gebrochene Strahl bei übereinstimmender Stellung des oberen und unteren Nikol ein helles, bei Drehung des oberen um 90° ein dunkles Gesichtfeld oder bei gleichzeitigen chromatischen Interferenzen in zwischenliegenden Krystallplatten und andren Körpern Ergänzungsfärbungen. Das zweite analysirende Nikol darf über oder unter dem Ocular angebracht sein; ich ziehe die erstere Stellung weit vor, indem mir die Beeinträchtigung des Gesichtfeldes durch die bequemere Handhabung aufgewogen scheint. —

Fig. 20.

§. 202. Die Voraussetzung, welche gegenüber den in dieser Hinsicht genauer erforschten krystallinischen Stoffen zulässig ist, dass nämlich im Innern eine regelmässige, wenn auch nach bestimmten Richtungen verschiedene Anordnung der kleinsten Theilchen herrsche, gilt für die organisirte Materie nicht schlechthin. Alle organisirten Substanzen bestehen vielmehr aus einem Gemeng mehrerer Verbindungen, deren jede trotz innigster gegenseitiger Durchdringung eine bestimmt orientirte Molekülgruppirung besitzen kann. Das Mischungsverhältniss ist ferner nicht an allen Orten eines anscheinend homogenen Gewebes gleich. Endlich wird die atomistische Ordnung bei der verschiedenartigen Nebeneinanderlagerung der heterogenen Moleküle voraussichtlich manchfach modificirt. In dessen Folge können die doppelbrechenden Elemente so unregelmässig und wechselnd vertheilt sein, dass der optische Erfolg nur als eine höchst complicirt entstandene Resultante einzelner, in ihrem Zusammenhang nicht allgemein übersehbarer Schicksale der Lichtwellen erscheint.

Im Ganzen ist der optische Charakter organischer Kör-

per nicht von den molekularen Abstandveränderungen abhängig, welche die kleinsten Theilchen durch Zug oder Druck erfahren, denn ein Haar oder eine Pflanzenfaser kann ohne Modification ihrer charakteristischen Farbenerscheinung beliebiger mechanischer Behandlung ausgesetzt werden, und Membranen dürfen durch Quellung ihre Dicke vielfach vermehren, ohne dass ihr Verhalten im polarisirten Lichte alterirt wird. Man kann hieraus schliessen, dass die optischen Eigenthümlichkeiten der organisirten Stoffe in der atomistischen Gruppirung der einzelnen Moleküle selbst gegründet sind, während diese letzteren innerhalb gewisser Grenzen beliebige Werthe der Entfernung oder Spannung darbieten dürfen.

Grosse Rücksicht muss bei den fraglichen Untersuchungen auf den verschiedenen Wassergehalt der organischen Körper genommen werden, indem die damit variable Massenvertheilung die doppelbrechende Kraft merklich beeinflusst. — Namentlich ist zu beachten, dass bei Flächenansichten die wirksameren feuchten dichtesten Schichten bloss einen Bruchtheil der Gesammtdicke, im Querschnitt aber eine Continuität von einer Schnittfläche zur andren bilden. (Naegeli und Schwendener.) —

d. Der Spectralapparat.

§. 203. Wie sich überhaupt im Verhalten gegen das Licht viele molekulare Eigenthümlichkeiten der Materie verrathen, so bietet besonders jene grösste Mannigfaltigkeit des Strahles in der Auseinanderlegung der Farben ein höchst empfindliches Prüfungsmittel für die Beschaffenheit, wie für die Veränderungen der Körper dar, welches in medicinischen Kreisen einer bei Weitem reichhaltigeren Anwendung fähig sein dürfte, als bisher geschehen ist.

Am meisten befriedigt auf diesem Gebiete zur Zeit die Untersuchung des Blutes. Stellt man durch Sättigung frischer Blutportionen mit Sauerstoff und Kohlensäure gewissermassen die Extreme des arteriellen und venösen Blutes dar, so lässt eine etwa halbmillimeterdicke Schicht der hellrothen Flüssigkeit rothes und gelbes Licht zwischen den Frauenhofer'schen Linien A und D fast ganz ungeschwächt, grünes und blaues aber nicht merklich durch. Das dunkelrothe Blut weicht hievon bloss darin ab, dass das äusserste Roth ausgelöscht wird. Je stärker man das Blut verdünnt, desto erkenntlicher werden auch die übrigen Spectralfarben und endlich erscheint das volle Spectrum nur unterbrochen durch zwei dunkle Streifen im Grün, welche ziemlich nah mit den Marken D und E zusammenfallen. Die Grösse oder Breite der hiedurch angedeuteten Lichtabsorption hängt vom Verdünnungsgrad ab, ist aber für das Blut an sich höchst cha-

rakteristisch. Um die desfallsigen Messungen übersichtlicher zu machen, setzt Valentin zwischen D und E einen Bruch, dessen Nenner die Anzahl gleicher Theile angibt, in welche der Raum zwischen beiden Linien zerlegt gedacht wird, der Zähler aber besagt, bei dem wievielten Theilstrich von D weg die Absorption beginnt und anderseits von E her endet. — Je dünner die absorbirende Blutschicht ist, desto schmaler werden die Absorptionstreifen, wobei der erste gegen D, der zweite gegen E hin an Ausdehnung verliert, während ihre Abgrenzung gegeneinander unverändert bleibt. Selbst in einem Verdünnungszustand, bei welchem nur noch 0,05 proc. Blut vorhanden ist, erscheinen die Blutbänder unverkennbar, freilich sehr matt und bloss in der geringen beziehlichen Ausdehnung von D $\frac{2}{20}$ E — D $\frac{4}{20}$ E und D $\frac{12}{20}$ E — D $\frac{16}{20}$ E. Der verwischende Einfluss der Verdünnung auf die Blutbänder kann übrigens zum Theil durch verhältnissmässige Verdickung der Schicht ausgeglichen werden. —

Arterielles Blut verhält sich in der Hauptsache ähnlich, doch ist die Spectralreaction bei ihm etwas weniger empfindlich, als am venösen; das zweite Blutband ist ausgedehnter, verschwindet aber mit eintretender Verdünnung früher, als in letzterem.

Von beigefügten Chemikalien beeinträchtigen Wasserstoff, Ammoniak, kohlensaure Alkalien, Schwefeläther, Chloroform die Blutbänder nicht, ätzende Alkalien dagegen (auch kohlensaure bei sehr reichlichem Zusatz) und Mineralsäuren heben sie auf. Essigsäure schwächt die Absorptionsstreifen des Blutes um so mehr, in wie stärkerem Maasse der Quantität oder Concentration man sie diesem beifügt — bis zu gänzlichem Verschwinden. Dagegen erscheint jetzt ein breites tief schwarzes Band bei B in Roth. (Häminspectrum Valentin's). Diese neue Reaction kann man zwar durch Neutralisation der Essigsäure mittels kohlensaurer Alkalien aufheben, die ursprünglichen charakteristischen zwei Blutbänder werden jedoch dadurch nicht mehr hervorgelockt. Setzt man zuerst das kohlensaure Natron und später Essigsäure zu, so herrschen, so lang die Reaction vorwaltet, die bekannten beiden Streifen, sobald von letzterer ein kleiner Ueberschuss da ist, erbleichen sie, sind indess noch sichtbar, während schon das schwarze Band im Roth auftritt, so dass man jetzt beide Reactionen nebeneinander hat. Hiebei darf das Blut von Vorn herein nicht zu verdünnt gewesen sein, weil die zweite Erscheinung überhaupt nur in etwas concentrirterer Flüssigkeit gelingt. —

In toxikologischer Hinsicht höchst wichtig ist die zuerst 1865 von Hoppe-Seyler vorgenommene Spectralanalyse kohlenoxydhaltigen Blutes. Die beiden normalen Absorptionsstreifen des mit Sauerstoff gesättigten Hämoglobin, welche verdünntes defibri-

nirtes Blut zeigt, werden durch Zusatz von, den Sauerstoff anziehendem und grossentheils in Beschlag nehmendem, Schwefelammonium ausgelöscht, oder umgewandelt in einen einzigen etwas breiteren Reductionsstreifen. Das Blut der mit eingeathmetem Kohlenoxyd vergifteten Menschen zeigt die zuerst erwähnte ursprüngliche Spectralreaction ganz deutlich, während das Schwefelammonium den an zweiter Stelle genannten Reductionsstreifen nicht hervorlockt, und zwar deshalb, weil, nachdem der den Blutkörperchen adhärirende Sauerstoff vom Kohlenoxyd unter Gleichheit der ausgetauschten Volumina verdrängt ist, letzteres mit dem Hämoglobin zu einer Verbindung zusammentritt, welche wenig Stabilität besitzt, vielmehr im luftverdünnten Raum einen Theil des Kohlenoxydes entweichen lässt; so lang sie besteht, macht sie jedoch die normale Einwirkung des Schwefelammoniums, also auch den Eintritt des entsprechenden spectralanalytischen Zeichens unmöglich.« — Derselbe Forscher constatirte mit Diakonow das sehr schnelle Verschwinden der charakteristischen Absorptionsstreifen des sauerstoffhaltigen Hämoglobin und deren Ersatz durch die der Desoxydation entsprechende Reaction, vorübergehend aber den Auftritt des Hämatinbandes: am Blute, welches eine vergiftende Gabe von Schwefelwasserstoff aufnahm. —

Arsenwasserstoff, welches den den rothen Blutkörperchen anhaftenden, die Undurchsichtigkeit dickerer Blutschichten bedingenden Farbstoff, dessen quantitative Bestimmung Preyer spectralanalytisch versuchte, abtrennt und im Plasma löslich macht, lässt ebenfalls den vom Schwefelammonium hervorgerufenen Absorptionsstreifen des reducirten Hämoglobin vermissen. Phosphorwasserstoff zeigt vermuthlich eine ähnliche Spectralreaction; unter seiner Einwirkung werden dünne Schichten Blutes, dessen Körperchen hell und feingekerbt aussehen, violettfarbig.

Vollständige Fäulniss des Blutes hebt seine Absorptionserscheinungen auf, theilweise langsam vorschreitende Zersetzung, wie sie in Jahre lang unter luftdichtem Verschluss aufbewahrtem Blut anzunehmen ist, keineswegs.

Von Temperatureinflüssen zerstört die Siedehitze das die beiden charakteristischen Streifen hervorrufende Absorptionsvermögen des Blutes, während solches, das eine Stunde lang eine Kälte von — 14° C ertragen hatte, nach dem Aufthauen in spectralanalytischer Hinsicht sich ganz wie frisches verhielt. — Elektrische Einflüsse fand ich wirkungslos. —

Auch eingetrocknete Blutflecken zeigen die charakteristische Spectralerscheinung, wenn sie so dünn sind, genügend Licht durchzulassen. Andren Falles schabt man die Blutspuren vorsichtig ab und löst in warmem Wasser, dessen Temperatur 40° C. nicht übersteigt. Was man dann im Spectralapparat erkennt, ist freilich kein specifi-

sches Zeichen für Menschenblut; nicht einmal das der Säugethiere ist dadurch allein ausgezeichnet, denn Valentin fand die nämlichen Reactionen am Blute des Reihers, des Hühnerembryos, der Natter, der Kaulquappe und des Frosches.

Auch die Galle zeigt ähnliche Absorptionserscheinungen, welche indess entgegen dem Verhalten des Blutspectrums schon bei schwacher wässeriger Verdünnung verschwinden. —

§. 204. Eine zwar mehr das allgemeine physikalische Interesse berührende, doch natürlich auch auf thierische Substanzen anwendbare Messungsmethode von Absorptionsspectren hat Vierordt auf den in seiner „Photometrie" derselben aufgestellten Satz gegründet, dass die Extinctionscoefficienten a den Concentrationen c proportional sind, demnach das Absorptionsverhältniss $\frac{c}{a}$ innerhalb weiter Grenzen einen constanten Werth hat, in welchem sich die Stärke der Absorption einer Spectralfarbe durch den entsprechenden Farbstoff ausspricht. — Die Dicke der absorbirenden Schicht oder ihre Concentration, die Lage der empfindlichsten Spectralstelle, an welcher schon eine Minimaländerung der Absorbentien eine merkliche Variation der Lichtstärke hervorruft, die Abhängigkeit des Absorptionsvorganges von der Wellenlänge des Lichtes sind die Grössen, denen sich die Aufmerksamkeit solcher Untersuchungen zuzuwenden hat und deren specielle Resultate Vierordt graphisch darstellt. Für sauerstoffhaltiges Blut liegt der Spectralbezirk geringster Absorption bei a, derjenige der stärksten von F87G bis G10H. Für den Farbstoff des Blutserums ist jener Werth: D — D19E, dieser: E63F — E80F; für Harnfarbstoff beziehlich: a — B, und: G35H — G60H; für Hydrobilirubin: Roth vor A, und: E63F — F. Das an letzterer Stelle auftretende Absorptionsband wird als höchst charakteristisch erklärt für den „physiologisch wichtigen im Harn oft vorkommenden" Farbstoff, den Maly für einen Abkömmling des Gallenbilirubin hält. „In einer 1 Centim. dicken Schicht ist die Lösung $\frac{1}{500}$ tief braunroth; die Lösung $\frac{1}{4000}$ ist gelbroth; von $\frac{1}{8000}$ an mischt sich dem Roth ein blauer Farbenton bei. Verdünnung $\frac{1}{50000}$ gibt noch einen Farbenton." —

§. 205. Eine Anwendung der Spectralanalyse zur Entscheidung der Frage über Aufnahme von Arzneimitteln machte Bence Jones, indem er unter Anderm äusserst kleine Mengen von Lithium in Gelenkknorpeln, Augenflüssigkeiten und im Blute nachwies, nachdem einmal 15 Gran salpetersaures Lithion 6 Stunden vor dem Tod,

ein andermal 10 Gran kohlensaures Lithion $5^1/_2$ Stunden vor demselben genommen worden waren.

Dass endlich die verschiedensten technischen Farbstoffe, doch auch die natürlichen Pigmente der Pflanzen und ihrer Abkömmlinge, wie vornehmlich des Weines, dass Bier und selbst fein vertheilte stark verdünnte Suspensionen fester Körper der Spectralanalyse unterworfen werden können, dort mit entschiedenem, hier meist mit zweifelhaftem Erfolg partieller charakteristischer Absorptionen, bedarf nur der Andeutung. —

e. Das Diabetometer.

§. 206. Man constatirt auf optischem Wege Spuren von Zucker in pflanzlichen und thierischen Flüssigkeiten durch die Drehung, welche jener in einem der Concentration entsprechenden Grade an der Polarisationsebene des Lichtes vornimmt. Ein Lichtstrahl, dessen allemal zur Fortpflanzungsrichtung senkrechte Schwingungen sämmtlich unter sich parallel sind, heisst polarisirt. Ein solcher gibt mit einem andern gleichfalls polarisirten, dessen Parallelvibrationen gegen die des ersteren vertical verlaufen, zwar keine eigentlichen Interferenzen, weil die mechanischen Vorgänge auf verschiedene Ebenen angewiesen sind, wohl aber führt ihre Concurrenz zu eigenthümlichen Verschiebungen der Aetherpunkte, deren Bahnen dadurch je nach den Gangunterschieden um eine viertel Wellenlänge oder mehr kreisförmig oder elliptisch werden. Man überzeugt sich von dieser Folge der Erregung eines Schwingungselementes nach zwei senkrechten Richtungen, indem man eine pendelnde Kugel vertical zum Oscillationsbogen anstösst. Geschieht dies mit einer der gegebenen Schwungkraft nahzu gleichen Intensität und im Vollendungsmoment des ersten Wegviertels, so beschreibt die Kugel Kreise, unter andren Verhältnissen aber Ellipsen. Dies ist das einfache Schema für eine derartige Combination zweier Wellensysteme, auf deren von da ab gemeinsamer Fortpflanzungslinie die Bewegung der hintereinanderfolgenden Aetherpunkte in der Weise allmälig eintritt, dass die Verbindung der von ihren jeweiligen Schwingphasen bestimmten Orte eine Schraubenlinie gibt, in welcher der circular oder elliptisch polarisirte Strahl gedreht erscheint. Die Consequenzen dieser optischen Vorgänge treten in Form von wechselnder Verdunklung und Aufhellung des Gesichtfeldes, complementärer Färbungen oder von Interferenzstreifen hervor und lassen nach verschiedenen Beobachtungsmethoden die Erkennung und selbst Messung des Fundamentalereignisses zu.

Sehr zweckmässig ist zu diesem Behuf im Wild'schen Saccharimeter das System feiner doch scharfer Parallellinien (Fransen) benützt, welches zwei gekreuzte unter 45^0 zur optischen Achse ge-

schnittene, etwa 20 Millim. dicke planparallele Quarzplättchen in polarisirtem Lichte zeigen. Zur Beobachtung derselben dient eine schwach vergrössernde auf Unendlich eingestellte Fernröhre mit Fadenkreuz und einem Nikol vor dem Ocular. Vor diesem Polariscop ist in geradliniger Achsenverlängerung eine die Untersuchungsflüssigkeit enthaltende Röhre aufzulegen, zu welcher das Licht durch ein vorgesetztes Kalkspatprisma gelangt. Dieses ist in seiner Fassung nebst einer Scheibe drehbar, auf welcher an meinem Instrument kleineren Formates 70 Grade, jeder in 5 Abschnitte getheilt, aufgetragen sind. Deutet der Zeiger auf 35, so sind bei der durch vorhergehende Drehung des polarisirenden Prismas von mir bewerkstelligten Justirung des Apparates bei dessen leerer Benützung alle Streifen verschwunden, und das Gesichtfeld erscheint gleichmässig hell, nur vom Fadenkreuz der Fernröhre durchschnitten. Wird jetzt die mit Harn gefüllte 50 Millim. lange, vorn und hinten durch dünne ebene Glasplatten geschlossene Röhre aufgelegt, so sieht man, wenn er zuckerhaltig ist, das feine Liniensystem, bei homogener gelber Beleuchtung (Glaubersalz in Weingeistflamme) schwarz, in Tageslicht verschiedenfarbig mit natürlich geringerer doch immer noch brauchbarer Empfindlichkeit der Reaction, auftreten, und muss, um es zum Verschwinden zu bringen, mittels Knopf und Zahngetriebe das Polarisationsprisma nebst der getheilten Scheibe vor dem festen Index vorbei um den Winkel $a = n - 35^0$ drehen, aus welchem man, wenn L die Länge der Einschaltungsröhre ist, die in einem Liter Harn enthaltene Gewichtmenge Zucker nach Grammen durch die empirische Formel findet $C = 1984 \times \frac{a}{L}$. —

f. Das Stereoscop.

§. 207. Hinsichtlich dieses bekannten mehr dem ästhetischen Vergnügen, als der Wissenschaft diensamen, doch aber in Bezug auf das Sehen der Tiefendimension und die angeblich identischen Netzhautpunkte nicht ganz interesselosen Apparates beschränke ich mich auf die Bemerkung, dass wie Fick in der ersten Auflage seiner medicinischen Physik mittheilt, Wheatstone's Spiegelstereoscop nach den Meyer'schen Versuchen sehr geeignet ist, den Einfluss der Convergenz der Sehachsen auf die Grössenbeurtheilung zu zeigen. Verschiebt man nämlich die an den Seitenwänden angebrachten Zeichnungen gegen den Beobachter hin, so erscheint diesem das stereoskopische Körperbild verkleinert, weil seine Augenachsen auf einen näheren Punkt convergiren müssen, um beide Spiegelbilder zu sehen. Bei der umgekehrten Verschiebung tritt aus entgegengesetztem Grunde eine Vergrösserung der körperlichen Pro-

jection der Zeichnungen ein. Im letzteren Falle soll es Meyer sogar gelungen sein, eine Divergenz der Schachsen dadurch zu erhalten, dass er sie den Spiegelbildern nachzog. — 1864 ist in den Schmidt'schen Jahrbüchern der Medicin ein nach stereoscopischem Princip eingerichteter Binocularaugenspiegel empfohlen worden, dessen Schema aus Fig. 21 verständlich wird, worin o das

Fig. 21.

untersuchte Auge, m und n diejenigen des Beobachters, ab den durchbohrten Beleuchtungsspiegel, d, e, f, g parallele Spiegelpaare bedeuten, der Strahlengang aber durch die unterbrochenen Linien gegeben ist. Es soll bei Benützung dieses Instrumentes, das indess wenig Aufnahme gefunden zu haben scheint, die Helligkeit vermehrt, das Gesichtfeld erweitert, die Wahrnehmung verschärft werden. — Bei dieser Gelegenheit wird von Jensen und Follen mitgetheilt, dass bei chromatischer Beleuchtung ophthalmoscopischer Untersuchungen die Farben: Roth, Orange, Gelb: Verengerung; Grün, Blau, Violett: Erweiterung der Pupille zur Folge haben. Die ultrarothen Strahlen würden absorbirt, die ultravioletten aber wirkten reizend. (?) Da gewöhnliches Lampenlicht neben zahlreichen Wärmewellen $\left(\frac{11}{12}\ ?\right)$ vornehmlich die grellen gelben und rothen Strahlen führt — die Gasflamme entsendet einen verhältnissmässig grösseren Antheil an Blau und Violett — ist rathsam, zum Schutz des untersuchten Auges ein blaues Glas vor die Lampe zu setzen, hinter welcher ein Hohlspiegel stehen kann. —

§. 208. Auf weitere Specialitäten der medicinisch-optischen Technik kann ich hier nicht eingehen und erwähne nur noch kurz von kleineren Instrumenten: Cramer's Ophthalmoscop zur Beobachtung der veränderlichen Linsenbilder bei der Accommodation, un-

ter seitlich einfallendem Lichte, bestehend aus einem Gestell mit Lampe, Fadenkreuzzeichen, schwach vergrösserndem Microscop, und einem durchbohrten Hohlkegel zur Aufnahme des beobachtenden Auges . . . Czermak's Orthoscop zur Erkennung der natürlichen Lage der Iris durch Beseitigung der Lufthornhautbrechung, indem eine aus Glas und Blech gefertigte, nach hinten und oben offene kleine Wanne mittels weicher Brodkrume an Nase und Wange angeklebt und mit Wasser gefüllt wird . . . Berthold's Prisma zur Entlarvung simulirter Monocularblindheit . . . Fles' Spiegelkasten zur Entscheidung, ob Augenfehler, welche als Sehschwäche oder Blindheit aus militärisch begreiflichen Gründen am häufigsten auf dem rechten Auge vorgegeben werden, auf Wahrheit oder Simulation beruhen. An die Rückwand eines Kastens mit der beziehlichen Breite, Länge und Höhe von 27, 18, 10 Centim. lehnen sich zwei einen Winkel von 120° einschliessende Spiegel ac, cb (Fig. 22), welche beziehungsweise die Bilder von e und d in den Strahlenrichtungen fm und gn wiedergeben. Hier befindet sich vor den einzigen Oeffnungen des innen beleuchteten Hohlraumes rechtes und linkes Auge des verdächtigen Simulanten, welcher, wenn ihm die Vorrichtung unbekannt ist, nicht weiss, dass er mit dem rechten Auge das linke Bild sieht und umgekehrt, also möglicher Weise auf Befragen nach seinem Sehbefund eine ihn entlarvende Angabe macht. — Hier kann endlich Erwähnung geschehen der stenopäischen Brillen, feindurchlöcherter Metallplatten, welche bei partialen Corneal- und Linsentrübungen das Centralsehen erleichtern oder verschärfen sollen, und der Schielcorrective in Form von Prismen mit einem Ablenkungswinkel von 2—18°, welche den im schielenden Auge falsch dirigirten Strahl zur Stelle des directen Sehens hinlenken, und so die Doppelbilder verschmelzen sollen, welche durch die unharmonische Stellung beider Augenachsen entstanden sind.

Fig. 22.

g. Photochemie.

§. 209. Die chemischen Wirkungen des Lichtes sind für alle organischen Wesen von der höchsten Wichtigkeit, indem dieselben abgesehen von den niedersten Formen und abgerechnet die frühsten Stufen der noch nicht zur selbständigen Individualität gediehenen Entwicklung von den optischen Vibrationen in der mannigfachsten Weise angeregt werden, und ihrer als eines normalen perio-

dischen Reizes nicht entbehren können. — Direct allerdings ist dieser Einfluss, wenn nach aufzeigbaren materiellen Erfolgen gefragt wird, nur selten erkenntlich, indem nur an den Oberflächen des Organismus unter dem Anstoss der Lichtwellen unmittelbar Bewegungen und Umsetzungen des Zelleninhaltes geschehen, welche einerseits als Farbenmodificationen der Haut und der Haare einen sinnenfälligen, graduell mit Stärke und Dauer der Belichtung in ziemlich genauem Verhältniss stehenden Ausdruck gewinnen, anderseits in der von den Fröschen perspirirten Kohlensäure durch Moleschott gemessen worden sind, indem diese Thiere, wenn sie unter normaler Lichteinwirkung standen, um ein Viertel mehr des Gases abgaben, als wenn sie unter sonst gleichen Umständen in anhaltendem Dunkel gehalten wurden. — Im Uebrigen sind die Wege, auf denen die lebendigen Kräfte der Aetherschwingungen in Atombewegungen und hiemit in Lebensfunctionen umgewandelt werden, sehr verborgen und um so schwieriger zu verfolgen, als überall, wo der Lichteinfluss in seiner physiologischen Bedeutung gewürdigt werden will, auch andre, meist in gleicher Richtung wirksame Umstände mitspielen, so: die Wärme, die Reinlichkeit, die Ernährung und manch sociales Moment. Demungeachtet kann zugegeben werden, dass chronische Störungen des Stoffwechsels und der davon abhängigen Entwicklung des Gesammtkörpers und einzelner Theile nebst ihren Eigenschaften vornehmlich wenn nicht ausschliesslich von Lichtmangel verschuldet sind, dass daher umgekehrt eine den allgemeinen Bedürfnissen des Menschen und dem besondren krankhaften Zustand entsprechende Regelung des Sonnen- und Tageslichtes zur Erzielung schöner Heilerfolge namhaft mitwirken kann; doch wird man sich hüten, der positiven oder negativen Lichttherapie, ausgenommen ihre unmittelbare gebieterische Indication bei Augenleiden, einseitiges Vertrauen zu schenken, wie auch ein zusammengesetztes Krankheitsbild, gleich der Skrophulose, der Entbehrung genügenden Lichtreizes allein zuzuschreiben. — Die psychischen Folgen heller oder düstrer Beleuchtung verfolge ich hier nicht, sondern bemerke nur, dass sie zwar bei beschränktem Auftritt leicht beherrscht werden, durch Cumulirung aber zu nationaler Eigenthümlichkeit anwachsen. —

Wenn das Licht chemische Einwirkungen auf die Organismen hat, könnte man umgekehrt fragen, ob diese nicht auf molekularmechanischem Wege Licht zu entwickeln vermögen. In der That scheint dies Vermögen niederen Thieren nicht abzugehen. — In Spallanzani's Untersuchungen über „natürliche Phosphore“ vom Jahre 1799 werden zwar vornehmlich modernde Pflanzen und faulende Thiere berücksichtigt, doch spricht er auch von dem am vorletzten Bauchring des Johanniswürmchen aufleuchtenden Schim-

mer, welcher in der Gefangenschaft des Thieres ganz, durch Druck auf zehn Minuten verschwand, in Sauerstoff sehr hell ward, auch durch natürliche wie künstliche Bewegungen oder schwache mechanische Reize verstärkt wurde, durch Kälte erlosch, in der Wärme aber wiederkehrte, den Tod des Thieres in rascher Abnahme nur kurz überdauerte, an die aus dem aufgeschlitzten Bauch vorquellende Masse einige Zeit gebunden blieb und in seinen Variationen schwerlich ein vitales Phänomen sei. Carradori dagegen bindet dieses Licht nicht an äussere Ursachen, sondern an die Willkür des Thieres, dessen Wohlbehagen sich gern in einer Steigerung desselben verrathe. — Vermuthlich liegt die Wahrheit in Mitte. Der lichtentwickelnde Process an sich und seine unmittelbare Folge der helleren oder milderen Strahlung ist zweifellos ein physikalisch-chemischer, also auch durch äussere Einflüsse modificirbar; dass aber ein so auffälliges Phänomen, welches jedenfalls namhafte stoffliche Veränderungen voraussetzt, dem Leben der, optisch gleich den Zitterfischen elektrisch bevorzugten, Thiere nicht ganz fremd und äusserlich sein kann, wird selbst dann angenommen werden dürfen, wenn der Zusammenhang des Leuchtens mit vitalen Phänomenen vielleicht geschlechtlicher Art nicht nachweislich sein sollte. — Als selbstleuchtend sind bekannt von Infusorien: Leucophra echinoides; Trichoda triangularis, granulosa, clava; Gleba pseudohippos, crispa, crystallina, deformis, conus, spiralis, von Schalthieren: Pholas dactylus, von Krustenthieren: Cancer fulgens und makrourus, von Gliederthieren: Lampyris splendidula, noctiluca, laternaria, italica; Elater noctilucus, ignitus, phosphoricus; Fulgora laternaria, candelaria; Scolopendria electrica, phosphorica, morsitans . . . etc. — Sehr geschätzt, doch allverbreitet sind in Mexico die Cucuyos aus dem Geschlecht der Pyrophoren und der Familie der Elateren. Dieselben werden eingefangen, mit Zucker gefüttert, des Tages etlichemal gebadet und zur Nacht wegen des besonders am Kopfe wie zwischen Brustschild und Bauchringen hervorbrechenden Lichtes, bei dem man in kleiner Entfernung bei Dunkelheit lesen kann, als Damenschmuck verwendet. Pasteur untersuchte ihr Licht spectroskopisch und fand ein sehr helles, aber continuirliches Spectrum ohne ausgezeichnete Linien; dasselbe bestätigt Gervais durch die Spectralanalyse von Lampyris und Lumbricus. — Viele Seemollusken, wie Medusa, Nereis, Salpa, an sich klein und schwach leuchtend, sind in so ungeheurer Menge im Wasser verbreitet, dass sie das reizende, bald mit dem Wellenschlag, bald mit morschem Holze, bald mit faulenden Thieren oder selbst Menschenleichen in Verbindung gebrachte, Leuchten des Meeres hervorrufen. An den Anneliden ist das Licht nach Ehrenberg kein stetiges, sondern aus einzelnen Funken in rascher Folge zusammengesetzt, an deren sonst durch

Nichts angedeutete elektrische Natur vielleicht die Erfahrung erinnern könnte, dass die reibende oder erschütternde Bewegung des Wassers das Leuchten vermehrt. Ausserdem begünstigt wenigstens bei Helgoland dies Phänomen schwüle, stille Luft, Südwind und ein dunkler Himmel. Schon Plinius soll die Ursache des Meerleuchtens in Seethieren erkannt haben, sicher nachgewiesen hat es aber, soviel mir bekannt, am 13. November 1800 S. L. Mitchill in New-York. Derselbe sah nach 7 Uhr Abend auf 210' Entfernung den Strand wie mit glühenden Kohlen bedeckt, die schwach ans Land schlagenden Wogen funkensprühend und das Wasser tief unter die Oberfläche hinab durchleuchtet. Ans Ufer eilend fand er den Sand dicht mit Mollusken bedeckt (grösstentheils medusa simplex) theils noch frisch, theils nur noch schwacher Bewegung fähig, theils schon todt. Bei selbständigen oder von Wasser und Luft erregten Bewegungen gaben sie Licht von solcher Helligkeit, dass die Ziffern einer Taschenuhr abgelesen werden konnten. Einige grössere Exemplare überlebten in Seewasser aufbewahrt die Nacht und zeigten dabei ein intermittirendes, auf einzelne Linien beschränktes Licht, welche dem Verlauf der Arterien entsprachen, deren Blut gleich elektrischen Ausströmungen glänzte. Der Beobachter knüpft daran die Bemerkung, dass vielleicht dieses Licht durch eine der Athmung ähnliche Thätigkeit erzeugt wird, und dass möglicher Weise auch im Menschen solche Lichtentfaltungen beim Athmen vorgingen, die uns sichtbar werden würden, wenn der Körper so durchsichtig wäre, wie derjenige der gallertigen Mollusken. — Ausserdem fand er Nereis noctiluca, sowie kaum sichtbare, punktkleine Thiere leuchtend vor, deren Anzahl Nathanael Hulme, dessen ebenfalls 1800 erschienenen Versuche über spontane Lichtentwicklung sich indess auf todte Körper beschränken, um die Dattelmuschel, Pholas dactylus, vermehrt. — Das Meerleuchten steht, wie es scheint, im Zusammenhang mit Färbungen des Seewassers, von denen die am häufigsten vorkommende weisse der alte Geograph Agatharchides längs der arabischen Küste beobachtete. Quatrefages, welcher 1850 in Boulogne die Phosphorescenz wirbelloser Seethiere studirte, fand, dass die lebhafte und glänzende Funkengebung der Noctiluken unterbrochen ist von Perioden eines schwachen stetigen Lichtes, welches weite Flächen des Meeres weisslich färbt. Die ähnliche Beobachtung von Grafton Chapmann erklärt Dareste aus der Phosphorescenz der Salpen oder Pyrosomen. —

Das Leuchten modernder Pflanzen und todter thierischer Körper, vornehmlich der Fische, deren Phosphorescenz oder der sie bedingende langsame Zersetzungsprocess Befeuchtung und reichen Gehalt an schleimigen Substanzen voraussetzt, verfolge ich nicht weiter und bemerke nur noch, dass wahrscheinlich auf ähn-

liche Ursachen das in anatomischen Arbeitsälen, wie in Schlachthäusern oft gesehene Licht am Muskelfleisch von Menschen und Säugethieren zurückgeführt werden muss. Ausser den derartigen Zusammenstellungen des Placidus Heinrich berichtet 1853 Heller in Wien über, auf Kosten eines Pilzes: Sarcina noctiluca, grünlich leuchtende Würste und Hankel in Leipzig 1862 über die Phosphorescenz eines gehackten Gemenges von Schweine- und Ochsenfleisch. Die allein leuchtende erstere Substanz war ganz frisch, ohne Mineralsalze, Kryptogamen oder Infusorien. Das bis zur Nacht im geheizten Zimmer sich verstärkende silberweisse Licht schien an die Oberfläche gebunden, nahm im Wasser ab, ohne demselben Leuchtkraft mitzutheilen, blieb in Oel länger haltbar, nur kurze Zeit aber in Alkohol, Aether, Kalilösung wurde sowohl durch Hitze wie Kälte vernichtet, und durch die eintretende Fäulniss keinesfalls vermehrt, eher vermindert. Bemerkenswerth ist noch, dass die Masse den frischen Inhalt einer Bratwurst nicht, wohl aber ein Stückchen Gekrösefett phosphorisch inficirte. —

An höheren Gliedern des Thierreiches ist eine spontane Lichtentwicklung im Leben nie beobachtet worden, wenigstens nicht unter wissenschaftlicher Bestätigung. Dass die Augen von Hunden oder Katzen, namentlich in aufgeregten Momenten von Innen heraus erglänzen, könnte man zu glauben oft allerdings leicht veranlasst werden, indess scheint gegenüber der Rengger'schen Angabe einer Lichterzeugung im Augenhintergrund unter nervösem Einfluss doch die physikalische Erklärung des Phänomenes aus der starken Zurückwerfung verhältnissmässig schwachen, deshalb wenig beachteten äusseren Lichtes an dem ausgezeichneten tapetum dieser Thieraugen annehmbarer. —

Die Aureole, welche jeder Beobachter um seinen eigenen Schatten sieht, wenn bei niedrigem Sonnenstand derselbe auf einen rauhen Boden, am besten wohl auf Gras fällt, hat natürlich um so weniger eine vitaloptische Bedeutung, als sie nicht dem Körper an sich eigen ist. Wenn es aber zur Stunde, wie ich aus glaubwürdigem Berichte weiss, noch anscheinend naturwissenschaftlich gebildete Männer gibt, welche von der sichtbaren Heiligenglorie an Missionären eines den gegenwärtigen Conflict staatlicher und kirchlicher Interessen vornehmlich verschuldenden Ordens faseln, darf man es dem „Physiker" von 1784 nicht so sehr verübeln, wenn er obige Erscheinung aus einem den menschlichen Körper umgebenden Dunstkreis von Wasser- und Feuertheilen erklärt, in denen die Schicksale der Lichtstrahlen zu seltsamen Consequenzen führen sollen. — Die Sache selbst schien Lommel wichtig genug, um im Poggendorff'schen Jubelbande von 1874 eine besondere Abhandlung darüber erscheinen zu lassen, in welcher er zugibt, dass für eine trockne Projectionsfläche v. Win-

terfeld schon bei der zuletzt erwähnten Gelegenheit eine ganz befriedigende Erklärung gegeben habe, durch Hervorhebung des Umstandes nämlich, dass die nächst dem Körperschatten liegenden Bodentheilchen nur die hellbeleuchtete Seite dem Auge zukehren, die dunkle aber verstecken, während von den weiter abstehenden diese mehr und mehr zur Geltung kommt. Das Auffälligere der Erscheinung auf bethautem Grase erwähnt zwar Winterfeld, ohne jedoch eine besondere Erklärung zu versuchen, für welche auch die Annahme von Brandes nicht hinreicht, dass nur die der Schattengrenze nächsten Thautropfen sowohl den an ihrer hinteren als vorderen Fläche reflectirten Strahl, also das stärkste Licht ins Auge senden. Nach Lommel's gut begründeter Ansicht nun besteht der besagte „helle Schein aus dem Lichte, welches durch die Tropfen gebrochen, von deren Unterlage aufgefangen wird und nun durch die Tropfen hindurch wieder gegen die Lichtquelle zurückkehrt. . . . „Die Erscheinung beruht also auf derselben Ursache, wie das Augenleuchten der Katzen und andrer Thiere, welche auf der Aderhaut statt einer Schicht schwarzer Pigmentzellen eine stark reflectirende Fläche: tapetum lucidum haben."

§. 210. Die künstliche Benützung des Lichtchemismus in der Photographie kann der Medicin dienstbar gemacht werden durch Fixation der Bilder des Sonnenmikroskopes, durch Aufnahme charakteristischer pathologischer Gewebeveränderung, durch Verfolgung physiologischer Akte. In letzter Hinsicht hat Ozanam in Paris den Herzschlag photographirt. Das Herz überträgt jeden Pulsschlag auf ein Kautschuksäckchen, an das eine verticale, etwas Quecksilber enthaltende Glasröhre gebunden ist. Das manometrisch bewegte Metall zeigt Stärke, Zahl und Rhythmik der Herzschläge an und öffnet oder verschliesst zugleich auf bestimmter Längsstrecke dem Lichtstrahl den Weg zu einem hinter der Röhre in constanter Geschwindigkeit vorbeigezogenen Streifen sensitiven Papieres. —

F. Bedeutung des Lichtes für die Pflanzen.

§. 211. „Die Lichtwellen sind Kraftquellen für die Pflanzen." (Sachs).

Dieser Satz behält seine Wahrheit auch gegenüber der Erfahrung, dass die frühesten Zeiten des vegetativen Lebens, wo die Zellen ihre Uranlage empfangen und die ersten Stufen des Wachsthumes durchlaufen, gewöhnlich in die Finsterniss verwiesen sind, welche, wie auch für die thierischen Embryonen, als möglichste Negation aller äusseren Einflüsse den ungestörten inneren Process einer sich abgrenzenden Individualität begünstigt. Doch selbst hier, und in andren

Fällen, wie zuweilen bei der Fruchtbildung, der Entwicklung mancher bunten Blüthenfarbstoffe oder im unterirdischen Verlauf des Wurzellebens kommt ein Vorrath von zu andren Zeiten oder durch andre Organe aufgespeicherter Lichteinwirkung zur plastischen Verwendung, wenn schon in der Regel durch den im Bereich der wägbaren Atome leicht begreiflichen Verlust an lebendiger Kraft unter der Form jener verlangsamten Schwingungen, welche als Wärme empfunden werden. In unmittelbarster Weise an das Sonnen- oder Tageslicht gebunden erscheinen alle blattgrünhaltigen Pflanzenzellen, indem in diesen die Schwingungen jenes, falls sie von gewisser Intensität sind, verwandtschaftliche Beziehungen gelöster Substanzen, besonders zum Sauerstoff verändern, mithin Modificationen der atomistischen Gruppirung hervorrufen, welche so wichtig sind für das Leben der Pflanzen, das sie eigentlich zum grossen Theile darstellen, dass die normale Flächenausbreitung der Blätter ebenso sehr vom Lichte abhängt, wie sie umgekehrt wieder dessen Einwirkung nach Intensität und Einfallrichtung bestimmt, dass besondere heliotropische Krümmungen der Pflanzentheile die Assimilationsorgane in möglichst günstige räumliche Anordnung zu den benützbaren Strahlen versetzen, dass die Bewegungen der Algenzellen in bestimmtem Bezug zum Lichte stehen, indem dieselben in der Ebene des Einfallstrahles schwärmen, senkrecht dazu aber rotiren, und dass die reizbaren Blätter der Oxaliden und Papilionaceen im Dunkel erstarren.

§ 212. Die vegetative Bedeutung des Lichtes darf nicht bloss ganz allgemein festgestellt, sondern muss namentlich hinsichtlich der Unterschiede in den einzelnen Schwingungswerthen genauer verfolgt werden. Es sind nicht alle gleich wirkungsvoll, aber weder zur Kurve der Spectralintensität noch der Photochemie besteht eine einfache Proportionalität der pflanzlichen Lichtaction, welche nach überall giltigem Gesetz da am mächtigsten scheint, wo die stärkste Absorption statt hat, ausserdem aber von der lebendigen Kraft der absorbirten Strahlen bedingt wird. — Nach diesen Grundsätzen verlegt Lommel die höchste chromatisch vegetative Wirksamkeit in das Roth zwischen den Frauenhofer'schen Linien B' und C, weil hier der bedeutendste Absorptionsstreifen des Chlorophyll auftritt und überdies hier schon ein relativ hoher Werth der Spectralwärmekurve erreicht ist. Sowohl an Entschiedenheit des Absorptionsphänomenes, als an Thermointensität in abfallendem Grade nachstehend sind Stellen im Orange, Gelb, Grün und am blauvioletten Ende des Spectrums. — Ueber die hiemit theoretisch geforderte Vertheilung der pflanzlichen Assimilationsarbeit unter verschiedenfarbiger Beleuchtung sind von Pfeffer Versuche über die Zerlegung der Kohlensäure angestellt worden, welche al-

lerdings nach der ursprünglichen Deutung die hier in Frage stehende Maximalintensität ins Gelb zu verlegen schienen. Wenn indess aus der Beobachtung, dass die relativen Zersetzungswerthe hinter doppelchromsaurer Kalilösung, welche Roth, Orange, Gelb und Grün durchlässt: 83,6; hinter Anilinroth aber, welches neben der Grundfarbe nur einem schwachen Antheil von Orange den Durchgang verstattet: 32,1 betrugen, für Gelb und Grün die Wirkung 83,6 — 32,1 = 51,5 erschlossen wird, so vermisst Lommel mit Recht die Berücksichtigung der Intensität der durchgetretenen Strahlen. Die Vermuthung, dass unter solchen Umständen täuschende Resultate erhalten werden können, erfährt eine Bekräftigung durch Pfeffer's weitere Erfahrung, dass das durch eine Chlorophyllösung geleitete Licht eine auffällige Schwächung in seinem Einfluss auf Kohlensäure-Zersetzung erleidet, welche wohl nur durch die Annahme erklärlich ist, dass gerade das im Chlorophyll absorbirte Roth, Mittelorange, Gelb und Grün die Hauptaction gegen die Kohlensäure geübt hätte. Da darunter das vom Chlorophyll sehr schwach absorbirte Gelb nur eine geringfügige Rolle spielt, darf die Behauptung, dass die photovegetative Wirksamkeit mit Auszeichnung an die hellsten Strahlen gebunden sei, ebenso bezweifelt werden, wie ihre Verknüpfung mit den wärmsten. Dies letztere ist die Ansicht von Timirjaseff, welcher den Quotienten der hinter einer Absorptionsflüssigkeit zerlegten Kohlensäuremenge durch die Ausdehnung des durchgelassenen Spectralantheiles als die Zersetzungskraft der wirksamen Mittelfarbe betrachtet. Abgesehen von formellen Bedenken gegen die Methode wird deren angebliches Resultat schon durch die Erfahrung widerlegt, dass im wärmsten Theile des Spectrums: Ultraroth von den pflanzlichen Organen nicht nur keine Kohlensäure zerlegt, sondern vielmehr solche ausgeschieden wird. — Das andre Extrem der beiden vorigen Theorien bildet diejenige von Baranetzky und Prillieux, wonach gar keine bestimmte Abtheilung des Spectrums der Assimilation mit Vorzug dient, überhaupt die Farbe und jede secundäre Eigenschaft des Lichtes hiebei gleichgiltig ist, und nur der photometrische Werth desselben über seine desfallsige Wirksamkeit entscheidet; dies steht schon deshalb auf schwachen Füssen, weil die als wesentliches Stück in die Untersuchung aufgenommene Photometrie in keiner Weise völlig über die Schwankungen der subjectiven Schätzung erhoben werden kann, am wenigsten, wo es sich um Vergleichung der Helligkeit verschiedener Farben handelt. Indem nun diese Forscher, um von den brechbareren Farben einen anscheinend gleich hellen Eindruck fürs Auge zu erhalten, sie in viel grösserer Stärke agiren liessen, als die für die Sensibilität reizenderen weniger brechbaren, konnten sie freilich gleiche Resultate erhalten, welche indess nicht für ihre Schlussfolgerung beweisend sind, sondern gleich den anderweitigen

Untersuchungen dafür, dass unter sonst gleichen Umständen für die Zerlegung der Kohlensäure oder die vegetative Assimilation diejenigen Strahlen am wirksamsten sind, welche der weniger brechbaren (rothgelben) Hälfte des Spectrums angehören. Es ist bemerkenswerth, dass die a priori äusserst plausible Meinung, die fragliche Thätigkeit des Lichtes werde mit seiner allgemein chemischen Hand in Hand gehen, empirisch nicht die geringste Bestätigung findet, indem die mit höchster photochemischer Intensität ausgestatteten blauvioletten Strahlen hier fast wirkungslos sind, dagegen am meisten die vegetative Assimilation die gelbrothen Lichtwellen anregen, welche Becquerel aus dem Grunde rayons continuateurs genannt hat, weil sie nur dann photographisch sich wirksam erwiesen, wenn die dazu nothwendige Lichtarbeit von den rayons excitateurs der blauen Farbe begonnen worden war. Grün sollte sich ganz indifferent verhalten haben. — Durch neueste Versuche (Poggendorff, 1874, VII) tritt Wiesner für Sachs' Aufstellung ein, dass die am meisten leuchtenden Strahlen, also die gelben und beiderseits benachbarten, am schnellsten die Chlorophyllösungen zersetzen. —

Während die vorigen Versuche nach der Absorptionsmethode in Farbstoffen angestellt waren, beobachtete Draper unmittelbar unter Einwirkung der Spectralfarben, indem dieselben auf Glasröhren geworfen wurden, welche Grashalme und Kohlensäure haltiges Wasser enthielten. Nach anderthalbstündiger Einwirkung zeigte sich in Blau und Violett gar kein, in dunkelroth und bläulichgrün ein kaum merklicher Erfolg, in Roth und Orange dagegen ein Volum von 20–25 in Gelb und Gelblichgrün von 36—44 prc. des Röhreninhaltes an durch Zersetzung entstandenem Gas. — Nach ähnlicher Methode kam 1872 C. Müller in Heidelberg indess zu andren Erfahrungen, deren theoretisches Resultat in dem Satze erscheint: „die Assimilation der Kohlensäure hat in dem rothen Ende des Spectrums ihr maximum und zwar liegt dasselbe dem ersten Absorptionsstreifen des Chlorophyll entsprechend zwischen B und C. Ein zweites aber kleineres, also relatives kommt dem zweiten Absorptionsstreifen bei D zu."

Um den Gegensatz zwischen den mittleren und äusseren rothen Strahlen, von denen „jene energisch absorbirt und von grosser (thermischer) Intensität die höchste Zersetzungskraft besitzen, diese bei noch grösserer Intensität gar nichts leisten, weil sie nicht absorptionsfähig sind" klar zu machen, bedeckte Lommel unter sonst möglichst übereinstimmenden Umständen zwei gleiche Ackerbohnenpflänzchen mit Würfelkästen, deren Wände in einem Falle aus übereinandergelegtem rothem Kupferoxydul und blauem Kobaltglas, im zweiten aus violettem und rothem Glas bestanden. Dort ging nur das äusserste, hier das mittlere Roth durch, und nur in diesem gediehen die Gewächse, welche unter jenem verkümmerten. —

§ 213. Bei dieser Gelegenheit mag des von Simmler und Wild zu Stande gebrachten Erythrophytoskopes gedacht werden, zu dessen Auffindung, wie es scheint, die Bemerkung des Ersteren den Anlass gab, die eigenthümliche „magische“ braungelbe Beleuchtung der grünenden Vegetation bei totalen Sonnenfinsternissen sei ein grossartiges Fluorescenzphänomen. (?) Die natürlich immer vorhandene Fluorescenz des Chlorophyll nämlich entzieht sich unter der grellen Beleuchtung durch Sonnen- und Tageslicht der Anschauung und enthüllt sich gerade erst dann in voller Schönheit unter den im obigen Falle allein übrig bleibenden düsteren Strahlen der grössten chemischen Wirksamkeit. Künstlich kann dies durch Einschaltung blauer Kobaltgläser bewerkstelligt werden, oder mit noch besserem Erfolg durch Verbindung eines solchen mit durch Eisenoxyd gelb gefärbtem Glase. Es ist gut, wenn man bei der Beobachtung im Schatten steht, auf besonnte Plätze schaut, und vom Auge alles Seitenlicht durch geeignete Fassung der Gläser abhält. Doch ist keine dieser Bedingungen absolut unentbehrlich. Ich benütze einfach eine kleine Fluorescenzmappe aus blauem und gelbem Glas, wie sie zur Betrachtung der Schriftzüge von Baryumplatincyanür auf gelbem Papier in den meisten physikalischen Sammlungen sich befindet. Freilich wird die Erscheinung bei grösserer dem Apparate zugewandter Sorgfalt brillanter, doch sehe ich auch bei primitivster Vorrichtung und Verhaltungsweise das schönste Roth der grünen Pflanzentheile auf dem bläulichvioletten Erdreich, von welchem sich steinbelegte Stellen in hellerer Farbe abheben, und darüber das, wenn auch thatsächlich von Wasserdünsten gebleichte Firmament im prächtigsten Himmelblau. — Lommel erklärt das erythrophytoskopische Phänomen daraus, dass das äusserste Spectralroth in den Pflanzenzellen nicht zur Verwendung kommt und deshalb lebhaft zurückgestrahlt, von der erwähnten Gläsercombination aber ausser schwachem Gelbgrün allein reichlich durchgelassen wird. Um auch jene geringfügige Beimengung zu beseitigen, ersetzt er das gelbe durch ein hellrothes Kupferoxydulglas. Wird statt des letzteren ein dunkelrothes Rubinglas gewählt, so erscheinen die grünen Pflanzentheile verhältnissmässig am hellsten, weil der von ihnen stark reflectirte Strahlencomplex des äussersten Roth fast ausschliesslich ins Auge gelangt. Er nennt diese Combination zum Unterschied vom vorigen Instrument Erythroskop, diejenige eines dunkelrothen mit einem hellvioletten Glase aber Melanoskop. Hier geht am besten das Mittelroth durch, und da dies von den Chlorophyllzellen nicht zurückgeworfen, sondern absorbirt wird, so projiciren sich jetzt die grünen Pflanzen tief dunkel auf hellerem Grunde. —

§ 214. Wo das Licht auf dickere Pflanzenstücke wirkt — den kleinen Wellen jenes gegenüber hat zwar schon das zarteste Blatt eine namhafte Tiefendimension — kommen in verschiedenen Schichten auch verschiedene Lichtkräfte zur Geltung; die brechbarsten Wellen werden der Oberfläche zunächst absorbirt; hinter mehreren Chlorophylllagen agirt daher fast nur noch Licht von der weniger brechbaren Spectralhälfte und tiefer bloss dunkelroth nebst Grün. Sind also die an erster Stelle erwähnten, chemisch stärksten Wellen wohl von der tieferen Thätigkeit im Pflanzenkörper ausgeschlossen, so deutet doch gerade ihre frühe und vollständige Absorption auf eine Verwendung im Vegetationsprocess hin, welche mir in den bisher mitgetheilten Untersuchungen zu wenig beachtet erscheint, aber allerdings zur Zeit in ihrer Besonderheit nicht direct erweislich ist, — höchstens negativ oder limitirend in der Weise, dass sie zur Sauerstoffabscheidung in keine Beziehung gebracht werden darf. Wiesner schreibt ihnen „die durch das Licht hervorgerufenen mechanischen Wirkungen auf die Pflanze“ zu.

Experimentale Specialitäten über die vegetative Wirksamkeit des Lichtes verdanken wir unter Andern Sachs, welcher 1862 das secundäre Auftreten von Stärke in Chlorophyllzellen durch Lichteinfluss, sowie die Möglichkeit constatirte, sie im Dunkel verschwinden, und bei erneutem Lichtzutritt wieder bilden zu lassen, — Corvisart, welcher die Umwandlung der Stärkelösung durch Licht in Dextrin und Zucker beobachtete, — Schübler, der unter erhöhter Insolation die Bildung von Blüthenfarb- und Riechstoffen gesteigert fand, — Biot, welchem agave amrc. unter Wasser keine Sauerstoffentwicklung gab, als sie ausschliesslich vom künstlichen Lichte eines geodätischen Signalapparates bestrahlt ward.

In anhaltender Dunkelheit verlieren die natürlichen Chlorophyllkörner nicht nur die grüne Farbe, sondern werden selber zerstört. In alkoholischer Lösung wird das Blattgrün auch im Lichte allmälig gelb, in diffusem Tageslichte langsam, in directem Sonnenlichte schnell.

§. 215. Das dunkle Gebiet, auf welchem man Analogien mit den sensiblen und reizbaren Kreisen des Thierreiches zu erspähen glaubt, wage ich nur flüchtig zu betreten. — Aus den Richtungen, welche die Pflanzentheile beim gewöhnlichen Wachsthum einschlagen, aus den dazu nothwendigen natürlichen Krümmungen und Biegungen einzelner Stücke folgt bei ungestörter Entfaltung eine Situation, in welcher möglichst grosse Blattflächen senkrecht der Lichteinstrahlung dargeboten werden. Dieser schon oben erwähnte Heliotropismus, welcher nur ein Ausdruck ist für die in allen Naturgebieten anerkannte wechselseitige Verbindung günstiger Bedingungen und der ih-

nen entsprechenden Zustände, wird als positiv bezeichnet, wenn die Conkavität der Kurve mit der Seite der hellsten Beleuchtung zusammenfällt, andren Falles, welcher bei den Kletterpflanzen eintritt, als negativer. — Durch übermässig andauernde Erhellung gerathen Pflanzen in einen von äusseren Einflüssen unabhängigen periodischen Bewegungswechsel innerer Zustände: „Phototonus", als dessen mechanisch-optischer Gegensatz die von der einfachen „Nachtstellung" der Gewächstheile unterscheidbare „Dunkelstarre" erscheint. —

2. Die Wärme.

§. 216. Die Aetherwellen, deren Länge über ein gewisses, unsrem Auge in der Empfindung des Roth sich kundgebendes maximum hinausgeht, erregen subjektiv die Gefühlsnerven als Wärme und arbeiten objektiv sowohl direkt als mittelbar an den Bewegungen und Umwandelungen des Stoffes mit, welche das Leben im Einzelnen und Ganzen darstellen. Die ausgezeichnete Rolle, welche sie hiebei spielen, ist an sich nie überschätzt, wohl aber zuweilen in dem Sinne missdeutet worden, dass die von ihnen repräsentirte physikalische Kraft innerhalb des organischen Bereiches als etwas nach Erzeugung, Erhaltung und Bedeutung ganz Eigenthümliches den allgemeinen Wärmeerscheinungen gegenübergestellt wurde, während doch diese unter jeglichen Umständen dieselben bleiben, und nur den nächsten Einflüssen der Umgebung entsprechende Modificationen erleiden, zu deren specifischer Charakterisirung es keines besonderen Lebensprincipes bedarf.

A. Entstehung der thierischen Wärme.

§. 217. Die von den äusseren Temperaturverhältnissen bis auf einen gewissen Grad unabhängige Eigenwärme organischer, vornehmlich thierischer Wesen, könnte aus ihren natürlichen Voraussetzungen und Processen sehr leicht hergeleitet werden, wenn die Zwischenglieder gewisser Zersetzungen ebenso genau verfolgbar wären, wie Anfang und Ende, welche im Wesentlichen auf eine Verbrennung hindeuten.

Verbinden sich einfache Atome in den von der Chemie festgestellten Gewichtverhältnissen mit Sauerstoff, den in der Regel die Atmosphäre in völlig ausreichender Menge darbietet, so entspricht jedem dieser Acte eine bestimmte Temperaturerhöhung, welche als die constante Verbrennungswärme des betreffenden Stoffes bezeichnet wird. Sind indess die der Oxydation vorbehaltenen und bei passender Gelegenheit anheimfallenden Atome vor dieser schon anderwärts gebunden, so sind die bezüglichen Molekularereignisse mehr oder we-

niger complicirt und voraussichtlich von so eigenthümlichen, jedem Einzelfalle angemessenen Folgen, dass schon theoretisch tiefes Misstrauen gegen die denn auch praktisch nicht bestätigte Dulong'sche Angabe über die Ableitbarkeit der Verbrennungswärme der Verbindungen aus denjenigen der Bestandtheile erwachen musste.

Im Allgemeinen wird unter solchen Umständen ein Verlust der nachweislichen Wärme zu erwarten sein, weil ein Theil davon als lebendige Kraft zur Lockerung und Lösung der atomistischen Anordnung verbraucht wird. Ist schon Sauerstoff in der einer Verbrennung unterstellten Verbindung enthalten, so ist wohl am einfachsten und in manchen Fällen auch dem Thatbestand nicht widersprechend die Annahme, dass dieser den aequivalenten Theil des vorräthigen Wasserstoffes zur Oxydation übernehme, demnach nur aus den übrigen (namentlich Kohlenstoff-) Atomen des Körpers die Verbrennungswärme zu berechnen sei, aber ganz fürs Allgemeine erscheint dies keineswegs zulässig, denn man weiss viel zu wenig von der rationellen atomistischen Gruppirung der organischen Stoffe, als dass nicht jene zwar bequeme, aber einigermassen willkürliche Voraussetzung oft zu falschen Resultaten führen sollte.

Trotz diesen das Problem der Wärmebildung erschwerenden Unbestimmtheiten bewähren sich einige allgemeine Gesetze unter allen Umständen. An deren Spitze steht die Regel, dass zur Erzielung einer bestimmten Verbrennungswärme es ganz gleichgiltig ist, ob das Material auf kurzen Wegen unter raschem Effect zu den Endproducten geführt wird, oder durch die langsame Vermittlung mehrerer an sich wenig auffälliger Zwischenprocesse. Man sieht, dass dies für die thierische Oekonomie höchst wichtig ist, denn gerade darin besteht das Charakteristische der ihr eigenen Wärmebildung, dass dieselbe nicht in der tumultuarischen Weise einer gewöhnlichen Verbrennung verläuft, sondern bei verhältnissmässig niederer Temperatur und in langgezogener Folge einzelner Acte, deren zeitlicher Abstand und räumliche Vertheilung ein wichtiges Zeichen der Gesundheit ist.

Die chemischen Anlässe zur Wärmebildung sind nicht auf die Oxydationen beschränkt, sondern bei allen Verbindungen verwandter Stoffe, überall, wo eine vorhandene Summe molekularer Spannkräfte verringert wird, was indess ohne Betheiligung des Sauerstoffes im Organismus selten der Fall ist, wird Wärme frei. Nur wenn bei Herstellung einer chemischen Verbindung ganz besondere interne Vorgänge ihren zwar höchst wahrscheinlichen doch nicht direct aufzeigbaren Ablauf nehmen, z. B. in der Art, dass ein complicirtes Molecül eines einfachen Körpers, etwa des aus chemisch identischen, aber elektrisch-polaren Ozon- und Antozon-Atomen bestehen-

den Sauerstoffes, erst gespalten werden muss, bevor eine Verbindung mit einem andren Element möglich ist, kann es auch zu einem Verlust von Wärme kommen, überhaupt also da, wo für neue Verbindungen anderweitige Lockerungen atomistischer Gruppirungen vorausgesetzt werden, oder auch Aenderungen des Aggregatzustandes innerhalb des Processes mitsprechen. Immer, wenn schon oft schwierig und bloss andeutungsweise werden sich molekularmechanische Gründe für scheinbare Abweichungen von dem Gesetze auffinden lassen, dass Wärme oder Bewegung frei wird, wenn stärkere Affinitäten gesättigt werden, als vorher zwischen bestimmten Stoffen vorhanden waren.

§. 218. Da mit Herstellung und Auflösung chemischer Verbindungen Bewegungen kleinster Theilchen verknüpft sind, oder vielmehr gerade in diesen der Ablauf der ersteren Erscheinungen besteht, hat man schon in den bisher betrachteten Fällen Beispiele für den Umsatz von Arbeit und Wärme. Deutlicher noch springt letztere Beziehung in die Augen, wenn man aus den gröberen Bewegungen der Körper Wärmemengen in so bestimmten, mit messbaren Arbeitswerthen jener in gegenseitig bedingendem Zusammenhang stehenden Grössen hervorgehen sieht, dass man an die numerische Aufstellung thermomechanischer Aequivalente denken konnte. Hier berührt uns in dieser Hinsicht die bei der Reibung der Flüssigkeiten hervorgebrachte Wärme, weil die von der iatromathematischen Schule in übertriebener, einseitiger und darum fehlerhafter Weise geltend gemachte Friction des strömenden Blutes an den Gefässwänden oder eigentlich an den peripherisch adhärirenden Schichten als Quelle organischer Temperaturerhöhung immerhin nicht ganz zu vernachlässigen ist. In einer allgemeineren, doch im Wesentlichen auf diese Frage bezüglichen Untersuchung von Joule, welche indess nicht ausführlich veröffentlicht wurde, scheint die für die Bewegung der Flüssigkeit auf einer bestimmten Bahnstrecke verloren gegangene Arbeit aus dem Product der Differenz des Anfang- und Enddruckes in das Gewicht der vorbeigegangenen Flüssigkeit bestimmt worden zu sein. Dieser Verlust muss als Wärme in der Strombahn frei geworden sein, welche einerseits in einer messbaren Temperaturerhöhung der Umgebung der letzteren, anderseits in einer positiven Wärmedifferenz der aus- über der einströmenden Flüssigkeit nachgewiesen werden sollte. Dies ist indess nicht mit Genauigkeit möglich. Annäherungsweise veranschlagt Fick unter der Voraussetzung, dass die tägliche Arbeit des grossen Kreislaufes 40,000 Kilogrammmeter betrage, die in 24 Stunden durch die Gefässreibung erzeugte Wärme auf 100 Calorien, durch welche, weil die Wärmecapacität der menschlichen Körpertheile von derjenigen des Wassers wenig abweicht, die

Eigentemperatur eines im mittleren Grade entwickelten Erwachsenen um wenigstens 1° C. erhöht werden könnte. —

Den ersten ernstlichen und begabten Gegner fand die Herleitung der thierischen Eigenwärme aus der Blutbewegung in Hunter, welcher ihre Quelle im Magen suchte. Augenscheinlich ist dieser hiebei als der Ort energischer stofflicher Umsetzungen in Betracht gezogen worden, aber eine klare Anschauung über den Zusammenhang derselben mit der Wärmebildung war vor Begründung und Verbreitung von Lavoisier's Sauerstoffentdeckung und Oxydationstheorie nicht möglich. Nachdem diese festen Fuss gefasst hatte, lag es nah, den Schauplatz des ersten und tiefsten Sauerstoffangriffes auf die Blutbestandtheile, die Lunge zuvörderst mit übertriebener Ausschliesslichkeit als Heerd der animalen Wärme anzusprechen. Crawfort, welcher unter Anderen das Freiwerden von Wärme in den Athmungsorganen behauptet, gründet dies übrigens auf die physikalische Thatsache, dass die Wärmecapacität der eingesaugten Luft grösser sei, als diejenige der ausgehauchten Kohlensäure, demnach beim Austausch gleicher Volumina mehr Wärme ein- als ausgeführt werde. —

Zur mechanischen und chemischen Erzeugungstheorie der Eigenwärme gesellt sich die dritte physikalisch unverständlichste Ansicht ihres nervösen Ursprunges, im Hirn nach Brodie, oder im Gebiete des sympathicus nach Chossat. Sofern hiebei nicht überhaupt, wie es sonst bei vielfachen Gelegenheiten üblich war, Unbekanntes und Unzugängliches bloss dadurch abgemacht werden will, dass man es auf das dunkle Gebiet der Neurologie hinüber schiebt, muss doch wohl auch hier an irgend einen molekularmechanischen Einfluss erregter oder vibrirender Nervenatome auf stoffliche Umsetzungen gedacht werden, von denen allerdings immer reichhaltiger nachgewiesen wird, dass sie mit höchstens quantitativer Bevorzugung besonderer Organe und Funktionen allerwärts und jeder Zeit zur Wärmeentwicklung fähig und bereit sind. In diesem Sinne erklärt sich Becquerel's höhere Temperatur entzündeter Theile, die allerdings erst secundär durch Gefässerweiterung bewirkte Wärmesteigerung peripherischer Stücke derjenigen Seite, auf welcher Bernard den Halsstrang des sympathicus durchschnitt, die oft beobachtete Zunahme der Körpertemperatur um 0,23—0,27° C nach angestrengter geistiger Arbeit, und die durch Helmholtz constatirte Wärmeentwicklung bei der Muskelthätigkeit, in welcher Hinsicht Hirn experimentell fand, dass er, in der Ruhe stündlich 30 Gramm Sauerstoff verzehrend und 155 Wärmeeinheiten bildend, bei Ausführung einer äusseren Arbeit von 27450 Kilogramm-Metern 132 von jenem verbrauchte und 251 Calorien erzeugte, und

Becquerel thermoelektrisch im angestrengten Muskel schon nach 5 Minuten eine Temperatursteigerung von 1° C. constatirte. —

§. 219. Der berühmte Vater der mechanischen Wärmetheorie: J. R. Meyer findet das charakteristische Merkmal des Thierlebens in der Verwandlung chemischer Differenzen, welche auf thermische Akte zurückführen, oder von ihnen begleitet und gefolgt sind, in mechanische Effecte, zu deren unmittelbaren Gunsten indess das verbrauchte Material nur zum kleinsten Theil verwendet wird, während fast $^4/_5$ der organischen Wärmebildung zu gut kommen. Den Ablauf der elementaren Stadien jener Umsatzprocesse verlegt er beinah ausschliesslich ins Blut, indem nicht der hunderte Theil der Oxydationen im Körper ausserhalb der Gefässwände erfolgen soll. Der Muskel hat nur als Werkzeug zur Hervorbringung der mechanischen Leistung, nicht als umsetzbares Material Bedeutung, weshalb dieses in den Adern immer neu herbeigeschafft werden muss, und die dauernde Leistungsfähigkeit des Muskels nicht seiner Masse, sondern der Menge des ihn durchströmenden Blutes proportional ist.

§. 220. Die im Organismus des Menschen während eines Tages hervorgebrachte Gesammtwärme gibt Wundt zu 2700 Einheiten an. In der That würde hiedurch unter Hinzunahme der auf mechanischem Wege erzeugten Wärme die Temperatur eines 80—90 Kilogramm schweren, an Wärmecapacität das Wasser wenig übertreffenden Körpers um 28—29° C erhöht, was in Vergleich zu einem äusserlichen Temperaturmittel von 10° als Ausgangspunkt, zur normalen thierischen Eigenwärme von 38—39° C führt. —

B. Regulatoren der Wärme.

§. 221. Wie für die Entstehung der thierischen Wärme ausschliesslich mechanischchemische Vorgänge in Anspruch zu nehmen waren, so geschieht auch ihre von äusseren Einflüssen bis auf einen hohen Grad unabhängige Erhaltung auf bestimmter Höhe streng nach physikalischen Principien.

Modifikationen der Temperaturverhältnisse eines abgeschlossenen Körpers mit selbständiger Oekonomie können ausgeführt werden sowohl durch Steigerung oder Herabsetzung Wärme erzeugender Processe, als durch Differenzen in der Geschwindigkeit und Richtung der Wärmevertheilung und der hievon abhängigen Wärmeabgabe.

Da der erste Punkt mit dem, was unter: A. gesagt ist, zusammenfällt, haben wir es bloss mit der Verbreitung der Wärme zu thun, welche für den hier in den Vordergrund gestellten Zweck

ganz oder grösstentheils dem Kreislauf des Blutes übertragen ist. Da und dort kommen auch andre Factoren in Betracht, aber sie wirken immer mehr oder weniger indirect durch dieses Medium, oder stehen mit dessen Leistungen in Beziehung.

Im Allgemeinen und unter normalen Verhältnissen ist die thermische Folge des Kreislaufes eine grosse Gleichförmigkeit in der körperlichen Temperaturvertheilung, denn irgendwie örtlich entstandene Ueberschüsse werden durch unmittelbare Strömung an kältere Punkte geführt, so dass locale Steigerungen nur kurze Zeit bestehen können. Ganz oberflächliche Theile mit tief gelegenen Organen verglichen geben allerdings zu Zeiten auffällige Temperaturunterschiede kund, aber selbst diese sind bei richtiger Deutung nur ein Beweis für den sicheren Gang der Wärmeregulirung.

Durch gesteigerte Ernährung oder erhöhte Innervation erweiterte und stark pulsirende Gefässe führen viel warmes Blut in die turgescirende Haut, welche hiemit ebenso in ihrer Temperatur erhöht wird, wie wenn umgekehrt hohe äussere Hitzegrade den Blutzufluss beschleunigen. Hiemit aber steigert sich die Thätigkeit der Hautorgane und insbesondre der Schweissdrüsen, deren flüssiges Sekret von grossen Flächen abdunstend viel Wärme bindet, sonach die drohende Temperatursteigerung in bald erreichten Grenzen hält. In dieser Hinsicht ist bemerkenswerth, dass stark arbeitende Organe verhältnissmässig am wenigsten schwitzen. —

Wird umgekehrt die Temperatur der Umgebung erniedrigt, so ist die in der Verdunstung geschehende Wärmeregulirung gänzlich auf Null herabgesetzt, denn die contraktilen Elemente der Haut verengern alle abscheidenden oder ausführenden Hohlräume, und eine reichlichere Blutzufuhr, welche der Sekretion förderlich wäre, ist durch Verengerung der Gefässe abgeschnitten. Ebendamit bleiben die tieferen Organe, deren Schutz vor Erkältung sehr viel wichtiger ist, besser und länger mit Blut, dem Träger der Ernährung und der Wärme versorgt, und sind so von den äusseren Temperaturwandlungen fast unabhängig gestellt. Ueberdies wird durch die letzterwähnten Processe an den Körpergrenzen örtlich die ausstrahlende Fläche verkleinert, und dann wegen verminderter Bluteinströmung der den rascheren Wärmeverlust befördernde Unterschied der Haut- und Lufttemperatur herabgesetzt. Häufig wird auch im letzteren Falle die Muskelbewegung am Gesammtkörper oder mit einzelnen Gliedern als regulirendes Mittel herbeigezogen, indem hiedurch ebensowohl der Blutumlauf beschleunigt, als im Contractionsact selber Wärme gebildet wird.

Ausserhalb unserer Betrachtung liegt die durch fremde Mittel, wie Kleider und Heizung, erstrebte Herstellung eines dem Organismus behaglichen Temperaturgleichgewichtes, und auch dessen Erhaltung

durch die periodische Einfuhr einer nach Menge und Beschaffenheit Zweck entsprechenden Nahrung, die Steigerung der Eigenwärme durch Zurückhaltung natürlicher Ausleerungen, ihre Erniedrigung durch Erbrechen und Diarrhöen mag bloss kurz erwähnt sein. — Indem endlich zu den Hauptvorgängen der Wärmeerzeugung der atmosphärische Sauerstoff unentbehrlich ist, hat auch in den Veränderungen der Athmung der Körper ein, wenn auf einen kleinen Spielraum beschränktes, doch recht wirksames Mittel der Temperaturregulation zur Verfügung. Mayer veranschlagt den Wärmeverbrauch für die täglich etwa $^1/_2$ Kgr. betragende Wasserverdampfung in der Lunge zu 282000° C.. und für die Erwärmung der in dieser Zeit eintretenden Luft von $17^1/_1$ cub. m. mit dem specifischen Gewicht 0,0013 und der Wärmecapacität 0,267 (bei constantem Druck) auf 120000°. Der Gesammtwärmeverlust von 402000° wird höchstens zu einem Zehntel compensirt durch die Reibungswärme des Lungenblutes, das diese Organe in einem täglichen Quantum von etwas über 10 cub. m. durchströmend daselbst einen Theil der vom rechten Herzventrikel stammenden lebendigen Kraft in Wärme umwandelt. $^9/_{10}$ der obigen Grösse müssen also einerseits gedeckt werden von der Temperatur des zugeleiteten Blutes, wie von der örtlichen Wärmebildung, und können anderseits zu thermischen Regulationen dienen.

§. 222. Die Wärmeleitung der organischen Gewebe kommt physiologisch für die Ausgleichung localer Temperaturdifferenzen wenig in Betracht, weil hierin die Blutströmung viel rascher und energischer wirkt; dagegen erscheint jene von Bedeutung, wo es sich um den thermischen Schutz innerer Organe handelt, und ist hiezu die schlechte Leitungsfähigkeit des an bekannten zweckentsprechenden Stellen angehäuften Fettes benützt.

Besondere Beobachtungen über die Wärmeleitung organischer Körper hat 1870 Greiss angestellt und hiebei von Thierstoffen berücksichtigt: den Magen des Hammels, die Ochsenblase, die Haut eines Rindes, eine Kalbsklaue, den Huf und den Schenkelknochen eines Ochsen, Büffel- und Hirschhorn, Elfenbein, Perlmutter und die Schaale des Seeohrs (haliotis). Soweit es Grösse und Form des Materiales gestattete, wurden zwei oder drei Schnitte in verschiedenen Richtungen genommen und auf den gewonnenen flächenhaften Gebilden die Begrenzungskurven des aufgetragenen, von einem centralen Erwärmungsort aus abschmelzenden Wachses bestimmt. Auf Längsschnitten wurden in dieser Weise stets mehr oder weniger gestreckte Ellipsen erhalten, deren längste Achse meist in die Richtung des Faserverlaufes fiel. Ausgezeichnet lang gedehnt waren die Ellipsen des Hammelsmagen, der Rindsblase und der Haliotisschale. Auf einem Schnitt senkrecht zur Länge der Hufsohle eines Ochsen er-

schien gleichfalls eine Ellipse, sonst trugen die natürlich nicht immer möglichen Querschnitte der Präparate Kreise. — Danach besitzen die thierischen Körper im Allgemeinen ein mit der Richtung variables Wärmeleitungsvermögen, und ihre Isothermfläche ist ein Umdrehungsellipsoid, welches sich demjenigen der rhombischen, mono- oder triklinischen Krystalle anschliesst. —

Die specifische Wärme organischer Stoffe ist nur in wenigen Fällen genau bestimmt, nämlich für arterielles Blut: 1,031 — Venenblut: 0,892 — Kuhmilch: 0,992 — Muskelfleisch: 0,741 — Ochsenhaut: 0,787. — Betreffs der thermischen Ausdehnung lässt sich in runder Zahl angeben, dass ein Menschenkörper von 60 Kgr. Gewicht bei einer Temperaturerhöhung von 37 auf 40° C. um 62 Cub. Cm. an Umfang gewinnt. Im Einzelnen werden an dieser Gesammtexpansion die Gewebe verschiedentlich participiren; besonders ist nicht unwahrscheinlich, dass die Differenz in der thermischen Ausdehnung der festen und flüssigen Bestandtheile des Nerven zu mechanischen Insulten führt, welche im Temperaturgefühl bewusst werden. — Das letztere hängt natürlich auch von den Leitungsverhältnissen ab, so dass im Allgemeinen Hautstellen mit dünner Epidermis am schnellsten, wenngleich nicht immer am feinsten auf Temperatureindrücke reagiren, und deren Abweichungen von der Hautwärme im rascher ableitenden Wasser schärfer empfunden werden, als unter sonst gleichen Umständen in der Luft. —

Aenderungen des Aggregatzustandes kommen in weiterer Ausdehnung auf thermischem Wege an den Stoffen des thierischen Körpers nicht vor; in beschränkter Weise nur an den Säften peripherischer Theile, welche bei langer und intensiver Einwirkung äusserer Kälte namentlich dann gern erstarren, wenn aus irgend welchem Grunde Circulationsstörungen bestehen. Bei höheren Graden der erwähnten Einflüsse kommt es zur tödtlichen Erfrierung des Organismus, welcher indess denselben in der Regel nur dann widerstandlos verfällt, wenn durch schlechte Ernährung, alkoholische Aufregung und Schlaf die normale Functionsenergie geschwächt ist. In vollem Besitz seiner regulatorischen Fähigkeiten verträgt er enorm hohe positive wie negative Temperaturgrade. — Hinsichtlich der Schmelzbarkeit kommt zuerst das Fett in Betracht, dieses aber um so mehr, als sein desfallsiges Verhalten zu den elektrischen Eigenschaften, also auch zu den wesentlichen Lebensphänomenen des Nervengewebe in Bezug steht. Der Schmelzpunkt des Froschfettes liegt in der Nähe von 35—36° C.; bei derselben Temperatur macht sich ein namhaftes Sinken der motorischen Reizbarkeit geltend, und die bis dahin giltige Schliessungszuckung des aufsteigenden Stromes pflegt in eine Oeffnungszuckung umzuschlagen. An menschlichen Nerven erscheint bei der erwähnten Temperatur die Transparenz des Neurilemmes etwas

erhöht, seine Cohärenz ein wenig vermindert, der wirkliche Schmelzpunkt des Fettes liegt aber erst bei 52° C., so dass während des Lebens die davon abhängigen Qualitäten vollkommen gesichert sind. — Ausserdem könnte nur noch von der Gerinnung eiweissartiger Substanzen die Rede sein, welche bei 35—45° C. eintretend die Muskeln in die sogenannte Wärme-Starre versetzt, aus welcher die bei kürzerer Störung immer mögliche Erholung (der elektrischen Reactionsfähigkeit) schwieriger ist als aus einer analogen Kälte-Starre. Bei höherer Hitze von etwa 80° C. an genügt eine Einwirkung von 20—30 sec. zur Hervorrufung der Wärmestarre; der Muskel kehrt zwar auch dann binnen einiger Minuten zur ursprünglichen Beschaffenheit zurück, seine elektrischen Verhältnisse sind aber im Sinne einer negativen Ladungsvariation vertauscht. — Es liegt nahe, die beschriebene Veränderung mit der natürlichen Todtenstarre zu vergleichen, in welcher die Muskeln ohne Formwechsel hart und starr werden und vermuthlich ebensowohl an Ausdehnbarkeit, als Festigkeit verlieren. Gewiss liegt auch hier die Ursache in der Gerinnung eines im Leben flüssigen Stoffes, aber entweder weicht derselbe vom Gerinnungssubstrat der Wärmestarre ab, oder, was mir wahrscheinlicher ist, der Vorgang erfolgt gründlicher und umfassender und wird deshalb diesmal in seinen Folgen unwiderruflich. Für die morphologische oder chemische Charakterisirung des Materiales der Gerinnung ist nur in negativer Weise festgestellt, dass die physikalischen Bedingungen dieses Processes am gewöhnlichen Blutfaserstoff von den Voraussetzungen der Todten- wie der Wärmestarre abweichen. —

Höhere Hitze oder Kälte greift tief in das Molekulargefüge des Nerven- und Muskelgewebe ein, dessen Atome zwar anfangs, wie die abwechselnden Contractionen und Erschlaffungen beweisen, immer wieder in die gestörte Gleichgewichtlage zurückstreben, aber schliesslich doch ihre dem Leben allein erspriessliche Zusammenhangsform der thermischen Erschütterung opfern müssen. — Gelindere Wärmegrade fördern die Leistungsfähigkeit des Muskel, welcher nach Schmulewitsch in diesem Falle vom nämlichen Reiz zu einer grösseren mechanischen Arbeit veranlasst wird als erkaltet. Hiemit steht vermuthlich die auch am Kautschuk beobachtete Erscheinung im Zusammenhang, dass der Muskel bei Temperaturerhöhung nicht gleich andren Körpern länger, sondern kürzer wird. (Ann. d. Phys. 144). —

§. 223. Insofern bei der Regulation der Eigenwärme es immer und überall nur darauf ankommen kann, die atomistischen Abstände in einer Grösse und Form zu erhalten, welche die den Bestand der Gewebe, die Functionen der Einzelorgane und das Gesammtleben bedingenden Wechselwirkungen in Gestalt bestimmt geformter Schwingungen und im Umsatz lebendiger oder gespannter Kräfte ermöglichen, ist auch für die Organismen der physikalische Zusammenhang der Wärme und der Expansion der gewisser-

massen den materiellen Urzustand darstellenden Gase nicht ohne Interesse. Wenn wir, was hier ohne bemerkenswerthen Fehler angeht, den thermischen Ausdehnungscoëfficienten der letzteren allgemein zu 0,003665 annehmen, ihre Expansivkraft bei 0° C. aber 1 nennen, so ist $1 + 0{,}003665\, t = 0$ der mathematische Ausdruck für das absolute Gleichgewicht der Atome, welche sich dann nicht mehr abstossen, überhaupt nicht mehr aufeinander wirken, also in ihrer Gesammtheit eine zu ewiger Ruhe erstarrte Welt bilden. Die diesem idealen Zustand entsprechende Temperatur

$$t = \frac{-1}{0{,}003665} = -273^{\circ}\ C$$

ist der absolute Nullpunkt der Wärme, von welchem aus in Wahrheit die thermischen Grade gezählt werden müssen, die Begleiter, oft selbst Bedingungen einer Lebensphase, welche um ebensoviel erhoben ist über die Temperatur des allgemeinen Todes.

C. Temperaturen im gesunden und kranken Körper.

§. 224. Da sich der Organismus normal im thermischen Gleichgewicht oder doch in beständigem Ausgleichungsbestreben localer Temperaturdifferenzen befindet, sind örtliche Wärmemessungen im und am Körper nur für solche Stellen von Wichtigkeit, an oder zwischen denen bekannte Processe stattfinden, deren physiologische Bedeutung durch Einbezug der obwaltenden Temperaturverhältnisse Aufhellung erwartet.

So erscheint G. v. Liebig's Angabe, dass das Blut im rechten Herzen um 0,05 — 0,19° C. wärmer sei, als dasjenige des linken Ventrikel, ganz geeignet, die Vermuthung, dass die unmittelbare atmosphärische Oxydation in den Lungen Hauptquelle der thierischen Wärme sei, auf ihr richtiges Mass zurückzuführen, indem, wenn zwar an sich Wärmebildung unzweifelhaft hier stattfindet, dieselbe von den abkühlenden Factoren auf den Athmungsflächen zurückgedrängt und daher für den ganzen Organismus bloss dadurch siegreich werden kann, dass ihr jeglicher Ort des stofflichen Umsatzes diensam ist. — Dass die Muskeln um 1 — 2° C. wärmer sind, als Bindegewebe, deutet auf lebhaftere Umsetzungsprocesse in jenen, namentlich während der Contraction, in welcher sich ihre Temperatur ersichtlich steigert. Wenn Aehnliches bei sogenannter geistiger Thätigkeit eintritt, so liegt darin ein neuer Beweis, dass dem Hirne ein wahrscheinlich sehr lebhafter oder doch molekular-mechanisch intensiver Stoffwechsel eigenthümlich und zumal mit dem Ablauf seiner Functionen verbunden ist. —

Die Behauptung einer von äusseren Temperatureinflüssen unabhängigen Eigenwärme kann im Wesentlichen aufrecht erhalten werden, aber doch nicht in absolutem Sinne. Die Selbständigkeit der organischen Wärmeökonomie erscheint nämlich den inneren Organen innerhalb der Breite der Gesundheit durchaus ge-

währt, keineswegs aber den oberflächlichen Theilen, für welche es auch nicht nothwendig war. Die unmittelbaren Prüfungen finden nun allerdings fast durchweg an diesen statt, demungeachtet ist, mit Unterstützung thermoelectrischer Messungen der Musculatur und directer Exploration des Mastdarmes oder der Scheide die theoretische Schlussfolgerung hinsichtlich des ersten Theiles unsrer Behauptung vollkommen gesichert. —

Schon unter der Zunge indess fand Davy die Körperwärme mit der Lufttemperatur wechselnd, und zwar wenn diese: 33,3° jene = 38° C.

5,6	„	36,1
0	„	34,9 (?)

Im Allgemeinen soll sich die thierische Eigenwärme in den Tropen um etwas mehr als einen halben Grad Celsius höher erweisen, als in der gemässigten Zone, hier aber während des Sommers um 0,1—0,3° C. die Körperwärme des Winters übertreffen. — Wie wenig indess aus oberflächlichen Bestimmungen ein Schluss auf die Temperaturereignisse in der Tiefe gezogen werden darf, beweist unter Anderm die Erfahrung, dass in kalten Bädern die Wärme der unmittelbar betroffenen Körperstücke um 6—8° C. erniedrigt, und doch gleichzeitig die innere Wärmeproduction gesteigert werden kann.

Für gewöhnlich wird die Achselhöhle der bequemste Ort thermometrischer Untersuchung sein, weil bei leichter Zugänglichkeit unter festem Anschluss des Armes an den Rumpf ein fast hermetisch geschlossener, so gut wie allseits von Körpermassen mit der normalen Blutwärme umgebener Raum hergestellt ist. Die wahre Innentemperatur des Organismus wird wohl in allen Fällen höchstens um 0,3—0,7° C. höher liegen. Das Ansteigen des eingesenkten Thermometers, welches natürlich in dieser Lage abgelesen werden muss, erfolgt anfangs rasch, später sehr langsam, so dass in Ermangelung jeglicher Vorbereitung das in der Regel 36,25 — 37,5° C. betragende Maximum, dessen Erreichung erst angenommen werden darf, wenn das Quecksilber mindestens fünf Minuten lang auf constanter Stelle verbleibt, bei mir meistens erst nach einer Viertelstunde eintritt. Durch vorheriges Erwärmen des Thermometers auf etwa 30° und längere Zeit vorausgegangenes Anlegen des Armes an den Leib kann diese Frist auf circa zehn Minuten oder weniger abgekürzt werden. —

§. 225. Interne Fluctuationen der organischen Wärme innerhalb der physiologischen Grenzen hängen einerseits mit äusserlich angeregten, aber innerlich ablaufenden Processen, namentlich der Ernährung zusammen, unterliegen jedoch anderseits einer Periodicität, welche ohne ersichtlichen Anlass zu einem täglichen Maximum zwischen 4 und 9 Uhr Nachmittags und einem Minimum zwischen 2 und 8 Uhr Morgens führt. Als absolute Extreme der Körperwärme im Stande der Gesundheit gibt Ogle an 38,1° C. in einem türkischen Bad, und 36.1° an einem kalten Wintertag. —

Ueber diese Grössen gehen auch die pathologischen Temperaturwerthe, abgesehen von ganz abnormen wohl immer lethalen Fällen mit 42 — 43° C. (Froststadium perniciösen Wechselfiebers) wenig hinaus. Ueberhaupt liegt die Bedeutung der thermometrischen Abweichungen in Krankheiten nicht so sehr in beträchtlichen Differenzzahlen, als in der leichten und raschen Beweglichkeit der Temperaturgrade, in der grossen Fluctuation der Eigenwärme innerhalb kurzer Zeit, kurz in einer auffälligen Labilität der thermischen Zustände des Organismus, welche ohne Zweifel in einer veränderten Molecularmechanik der stofflichen Umsetzung in den erkrankten Geweben begründet ist (Wunderlich). Auch die einen hohen Selbständigkeitsgrad der Eigenwärme verbürgende Widerstandfähigkeit des Organismus gegen äussere wie innere Störungsanlässe ist herabgesetzt. So steigert grosse dauernde Hitze der Luft namhaft die Fiebertemperatur, Kälte wird wenigstens subjectiv sehr schlecht vertragen und Unregelmässigkeiten in den Excretionen reflectiren sich gewöhnlich in tiefen Zügen am Temperaturgang. Schmerzen vermindern im Allgemeinen die Eigenwärme, geistige Anstrengung aber erhöht sie in Kranken unverhältnissmässig mehr, als am Gesunden.

Vermuthlich betrifft der Hauptfehler gegenüber den krankhaften Temperaturstörungen die regulirenden Factoren, nicht als ob dieselben gänzlich unwirksam gemacht würden, sondern in der Weise, dass bei vielleicht im Einzelnen geringfügiger Functionsveränderung ihr gegenseitiges Gleichgewicht angegriffen ist und deshalb schon unbedeutenden Einflüssen nicht mehr gewachsen erscheint. Dieser Unzulänglichkeit der Wärmeregulation, welche noch durch Eröffnung neuer oder Verschliessung alter Ausgleichungsbahnen localer Temperaturdifferenzen complicirt werden kann, schreibt Fick die einzige thermopathogenetische Rolle zumal im Fieber zu. Es scheint mir indess, dass in diesem Falle man die regulatorischen Apparate des Organismus zur Bewältigung jeglicher thermischen Anomalie für berufen und fähig erachten, ihnen also ein unbeschränktes Accommodationsvermögen zuschreiben müsse, während dasselbe doch nach allen physikalischen Bedingungen und Analogien der Sache viel wahrscheinlicher in gewissen Grenzen der Leistungsfähigkeit eingeschlossen ist. In der That ist gar nicht abzusehen, warum nicht unter krankhaften Verhältnissen Metamorphosen der organischen Materie zur unmittelbaren Bildung von Wärme führen könnten, welche in gesunden Tagen nicht auftritt, weil eben der Anlass dazu fehlt, und welche, falls nur die Energie der pathologischen Ereignisse genügend gross ist, tumultuarisch genug entbunden werden kann, um den regulatorischen Apparaten eine, wenigstens für einige Zeit, unbewältigbare Aufgabe zu stellen. Zur Bestätigung dieser Ansicht zeigt Lie-

bermeister durch Rechnung, dass im febrilen Froststadium die Temperatur des Kranken höher steigt, als durch die blosse Berufung auf die verminderte Wärmeabgabe verständlich gemacht werden könnte. Wahrscheinlich findet auch in diesem Stadium die im Einzelnen dunkle, im Ganzen aber klar genug als wesentliche Krankheitsursache erscheinende Umwälzung unter den stofflichen Trägern des Lebens und der Gesundheit statt, wodurch diese durch Einen verhängnissvollen Schlag oder in periodisch wiederholten Angriffen in ihren physiologischen Beziehungen erschüttert und zu einem neuen Gleichgewicht hingedrängt werden. Dies wird zuvörderst ein anomales sein, gewissermassen die moleculare Grundlage der Krankheit oder einer bestimmten Phase derselben, namentlich der weiteren Fieberstadien, von denen das zweite den heissen Kampf der Wärme bildenden und regulirenden Kräfte des Organismus darzustellen scheint, während in der Periode des Schweisses eine, freilich meist nur vorübergehende Anpassung der letzteren an ihre erhöhte Aufgabe eintritt. Dass sie derselben auf die Länge nicht gerecht werden, darin liegt eben die Andauer der Krankheit, für welche also allerdings mit Traube (1863) immer eine verminderte Wärmeabgabe als wesentlich erachtet und auch um so begreiflicher gefunden werden wird, wenn zwischen den contrahirten Gefässwänden nur wenig Blut zur Abkühlung an die Körperoberfläche gelangt. —

J. R. Mayer bezeichnet die Verminderung der Arbeitsproduction oder des mechanischen Nutzeffectes und die Reduction fast des ganzen chemischen Aufwandes auf Wärmebildung als das constante Symptom fieberhafter Krankheiten. Während sich im gesunden Zustand die Wärmeerzeugung dem Wärmeverlust accommodirt, ist im Fieber die Regulirung der thermochemischen Processe wesentlich gestört, die Kohlensäure-Production dagegen, als Intensitätsmassstab der letzteren zuweilen vorübergehend über das Mittel erhöht, häufiger aber vermindert. Was die von der mechanischen Herzthätigkeit auf dem Wege der Reibung hervorgebrachte Wärme betrifft, so wird sie nur dann gesteigert sein, wenn sowohl die Anzahl der Schläge, als die Energie der Contraction vermehrt ist, was pathologisch nicht immer der Fall ist; vielmehr kann die letztere trotz enormer Beschleunigung des Pulses so geschwächt sein, dass die Totalleistung und ihr Wärmeeffect tief unter die Norm sinkt. Die gestörte Wärmeregulation der Fieber entfaltet ihre Consequenzen nach zwei Richtungen hin: — entweder erlangt die Wärmeentwicklung des fieberkranken Körpers eine regelwidrige Selbständigkeit und Unabhängigkeit von der durch äussere Umstände veranlassten Wärmeabgabe (intermittens) — oder die Wärmebildung, beziehentlich ihr objectiver (Temperaturerhöhung) und subjectiver (Frost- und Hitzegefühl) Effect erscheint von der Wärme-

abgabe in gesteigerter Weise abhängig (febris continua). Wie immer die letzten, der Beobachtung allein zugänglichen Symptome der thermischen Abweichungen auftreten mögen und wo auch die Zwischenglieder von ihnen bis zum Grundprocess hinab liegen, jedenfalls besteht dieser in einer Anomalie der, die Quelle jeder organischen Kraftentwicklung bildenden, Blutverbrennung, welche in den der Gesundheit entsprechenden Grenzen zu erhalten, „zahlreiche Apparate im lebenden Thier unausgesetzt beschäftigt sind, zu filtriren, zu aspiriren, die chemischen Processe, zum Theil unter Aufwand von (in der Krankheit eben vornehmlich mangelhafter) mechanischer Kraft, zu regeln, die Intensität dieser Processe zu erhöhen, ihre Extensität zu vermindern, die Zersetzungsproducte in abgesonderten Räumlichkeiten niederzulegen, oder sie sofort zu entfernen, vor Allem aber der Bildung und Ansammlung putrider Fermente vorzubeugen". —

Am auffälligsten erscheint die directe Neubildung der Wärme auf pathologischem Weg, wenn topische Anlässe der (febrilen) Temperatursteigerung vorliegen, wie an intensiven Entzündungsheerden, deren ablaufendes Venenblut Simon 1860 wärmer fand, als an gesunden Theilen, während das dorthin zuströmende Arterienblut die an der Stelle des örtlichen Leidens herrschende Temperatur nicht erreichte. Doch bewirkt in der Regel eine locale Ueberproduction von Wärme nur eine ziemlich mässige Steigerung der Gesammttemperatur, welche erst dann einen bedenklichen Grad erreicht, wenn die Ausgleichung der thermischen Anomalie in krankhafter Weise erschwert ist.

§. 226. Was die zahlenmässige Begründung einer höheren oder geringeren Bedenklichkeit des pathologischen Zustandes betrifft, so ist zuvörderst an den Ausspruch der grössten Autorität auf diesem Felde: Wunderlich zu erinnern, dass eine normale Eigenwärme nicht geradezu ein absolutes Zeichen von Gesundheit sei, wohl aber eine gute widerstandfähige Constitution verrathe, dass dagegen dauernde oder über eine längere Zeit hin periodisch wiederkehrende Schwankungen immer auf Unregelmässigkeiten im organischen Verlauf hindeuten, welche an sich noch keine eigentliche Erkrankung bedingen, unter günstigen Verhältnissen mit allmäliger Ausgleichung der thermischen Anomalien zu voller Gesundheit zurückgehen können, häufiger aber früher oder später zu einem bestimmt charakterisirten Leiden führen. Im Allgemeinen sind die Abweichungen nach Oben häufiger als diejenigen nach Unten; bei gleichzeitiger (mit weiterem Abstand der Extreme wohl nur seltener) Vorkommniss beschränken sich jene auf die Zeit von Mittag bis Abend, diese auf Nacht und Morgen. So lang die Körperwärme unter 38° C. bleibt, kann der Organismus für vollkommen fieberfrei erklärt

werden. Zwischen 38 und 39° bewegen sich die Temperaturen leichter, zwischen 39 und 41° diejenigen schwerer Fieber. Wird letzterer Grad noch überstiegen, so liegt das Zeichen des tiefsten und rapidesten Zerfalles der organischen Materie vor, und eine nur einigermassen andauernde Eigenwärme von 41³/₄ bis 42° C. darf als fast absolut sicheres Symptom eines tödtlichen Ausganges angesehen werden. In schweren Nervenleiden kommt übrigens gegen das Ende des Lebens oft eine rasche Temperatursteigerung bis zu 45° C. zur Beobachtung, ja Wunderlich fand 57 Minuten nach dem im Tetanus erfolgten Tode an der Leiche ein Temperaturmaximum von 45,375° C. — Die auch sonst constatirte postmortale Temperatursteigerung, welche indess meist auf eine viel kürzere Zeit beschränkt ist, erklärt sich daraus, dass in den der Zersetzung anheimfallenden Geweben, namentlich der Muskulatur eine Wärmequelle gegeben ist, deren Leistungsfähigkeit um so grösser ist, als keine weitere Abkühlung durch Schweiss und Eintritt der Athmungsluft stattfindet. —

Wenn im Allgemeinen Tagesausweichungen der Eigenwärme um anderthalb bis zwei Graden Verdacht einer schon eingetretenen oder nahenden Krankheit erwecken, so sind vornehmlich durch die Bemühungen Wunderlich's auch specielle Fragen der Diagnose sehr wohl einer Lösung mittels der Thermometrie fähig, ja es erscheinen deren Angaben so vertrauenswerth, dass ein günstiger oder schlimmer Anschein anderer Art dadurch auf seine wahre Bedeutung zurückgeführt werden kann, und insbesondere die Unterscheidung normal oder anomal ablaufender Krankheitsfälle am sichersten durch Verfolgung des Temperaturganges möglich wird.

Beispielsweise mag erwähnt werden, dass gleich anfänglich miteinander auftretendes Fieber und Temperaturansteigen Typhus, Grippe und Gelenkrheumatismus, acutes Fieber ohne namhafte Temperatursteigerung Pneumonie, Variola und Scharlach, Nichterreichung von 41° C. zwischen Frost- und Hitzestadium Wechselfieber ausschliessen lässt, dass dagegen letzteres vermuthet werden darf, wenn abendlich die Eigenwärme trotz Fieberbewegung fast zur Norm zurückgeht.

Im Verlauf der Krankheit selbst pflegt die Eigenwärme deutliche Tagesfluctuationen durchzumachen, im Betrag von 1 bis 6°, oft in mehrfachen Wellen mit spitzigen oder breiten Exacerbationsgipfeln. Nehmen die Extremabstände zu, während der Mittelwerth der Temperaturen fällt, so ist dies in acuten Krankheiten ein gutes, bei steigendem Mittel aber ein schlimmes Zeichen. Ein frühes Eintreten des krankhaften täglichen Temperaturmaximums erweist sich als ein weniger günstiges Symptom, als die Verspätung desselben. In schweren Fällen kann die Wärme sehr schnell ansteigen; ihr ebenso rascher Abfall entspricht nicht immer der Rückbildung des pathologischen Processes, sondern kann auch Zeichen und Begleiter eines plötzlichen

Collapses sein, welcher jedoch in acuten Leiden oft folgenlos vorübergeht, und bloss in chronischen Zuständen von schlimmerer Bedeutung ist. Die Breite der Exacerbationen ist in leichteren Krankheitsfällen von geringerer Ausdehnung, als diejenige der Remissionen, weshalb steile Kurven mit spitzigen Wellenbergen kein ungünstiges graphisches Zeichen bilden und im späteren Verlauf gelinder Affectionen gern eintreten. Nur wenn hier oder in anderer Gestalt die Tagesfluctuation in mehrfachen Wellen einhergeht, pflegen sich Complicationen des pathologischen Processes in der Temperaturunregelmässigkeit zu verrathen. Uebrigens erhalten diese und alle einschlägigen thermischen Erscheinungen erst eine entscheidende Wichtigkeit durch Andauer oder öftere Wiederkehr; namentlich kommt viel weniger auf die irgend einmal erreichte Temperaturhöhe absoluten Grades an, als auf den charakteristischen Gesammtgang der Eigenwärme. —

Die Temperatureigenthümlichkeit der Genesung liegt in der grossen Beweglichkeit. Innerhalb ziemlich enger Grenzen hin und her schwankend erleidet sie von den geringfügigsten äusseren Einflüssen Modificationen, welche indess in der Regel bald wieder sich ausgleichen. Geschieht dies nicht, und steigert sich zudem stets gegen Abend die Temperatur bis zum subfebrilen Grad oder gar höher, so st die Reconvalescenz unrein und die Gefahr der Rückfälle um so grösser, je hartnäckiger die Wärmestörungen erscheinen. Jede Erschwerung der Abheilung krankhafter Veränderungen reflectirt sich in verhältnissmässig hohen Temperaturen, welche dagegen bei rascher Defervescenz ebenso schnell herabsinken, oft für kürzere Zeit unter die Norm bis auf 36° C. —

D. Thermo-Therapie.

§. 227. Wie vom normalen Leben, so ist die Wärme von der Behandlung der Krankheiten unzertrennlich und unter allen Umständen wenn nicht gerade ein integrirender Bestandtheil des Heilverfahrens, doch ein begünstigendes Moment seiner wichtigsten Intentionen, selbst wenn nur als Unterstützung derselben der wohlthätige Einfluss des Aufenthaltsortes, der Umgebung und Lagerung des Leidenden ins Auge gefasst würde. Darauf ist jedoch der therapeutische Werth der Wärme keineswegs beschränkt, sondern in Betracht der mannigfachen Formen, welche demselben gegeben werden kann, und der ebenso energischen, als vielfältigen Reaction des Organismus auf thermische Einflüsse, gebührt diesen ein selbständiger und nicht untergeordneter Platz im Heilschatze.

§. 228. In wiefern die Wärme in erster Linie an allen klimatischen Curen betheiligt ist, soll im meteorologischen Theil

besprochen werden. Doch ist die Sonnenwärme als solche direct zur Heilwirkung beigezogen worden, indem die Bestrahlung des Leibes oder einzelner Theile desselben (Insolation als Bestandtheil der öffentlichen Krankenpflege in den alten Tempel-Hainen und Vorhöfen) wie das Vergraben kranker Glieder in von der Sonne durchwärmten Sand gegen gichtische, rheumatische, nervöse, hydropische Leiden weniger von Aerzten als von der Stimme des Volkes empfohlen wird, der günstigere Ablauf constitutioneller Krankheiten und chronischer Ernährungsstörungen aber in gut durchwärmten besonnten Räumen mindestens ebensosehr auf Rechnung der Wärme, als des Lichtes zu schreiben ist. — Sonst geschieht die positiv thermische Erregung des Gesammtkörpers, welche in Ansehung der Erfahrung, dass von den im Erwachsenen täglich erzeugten 2700000 Calorien circa 1457 in jeder Minute durch die Haut an die Umgebung ausgestrahlt werden, mehr oder minder stets eintritt, sobald die erwähnte Wärmeableitung herabgesetzt ist, durch Einverleibung heisser Getränke oder in Bädern. Zu ersterem Gebrauch dient, wenn nicht eine besondere Nebenwirkung durch reizende Gewürze und Spirituosen oder durch einhüllende milchige und schleimige Substanzen, auch wohl durch speciell medicamentöse Stoffe beabsichtigt ist, das Wasser, welches in sehr hohen Temperaturgraden überraschend leicht zu nehmen ist, weil bei einiger Schonung des Vordermundes und der Zähne innere mit sehr geringer Localempfindlichkeit ausgestattete Schleimhautflächen getroffen werden. Bei beginnenden Halsaffectionen ist das Mittel von trefflicher Wirkung; es stumpft die Empfindlichkeit des Schlundes ab, beseitigt die Trockenheit der Schleimhaut, erleichtert den Säfteumlauf und beruhigt die Nerven. — Auch bei den Bädern spielt das erwähnte Medium weitaus die Hauptrolle. Die Intensität des Einflusses hängt natürlich von den angewandten Temperaturgraden ab. Laue Bäder, deren Wärme diejenige der Haut wenig übersteigt, wirken in jeder Hinsicht mild. Eine gleichmässige Vertheilung der Blutmasse in der Haut, Verminderung der Pulsfrequenz, Erholung ermüdeter Muskeln, Beruhigung überreizter Nerven sind die gewöhnlichen Wirkungen. — Heisse Bäder wirken im Allgemeinen nicht angenehm, und im Besonderen nur selten günstig, so etwa bei peripherischen Rückenmarklähmungen wegen der hervorgebrachten Reizung der Hautnerven, bei Congestionen innerer Organe wegen überwiegenden Zuzuges des Blutes zur Haut, bei hydropischen Ergüssen, deren Schwund aus dem oft bis zu 5 Pfd. steigenden Schweissverlust sich erklärt. Die Erhöhung der Eigenwärme bei halbstündigem Aufenthalt in einem Bad von 400 Litre auf 40° C. erwärmten Wassers berechnet Oppenheimer (Lehrbuch der physikalischen Heilmittel, Würzburg 1861) nach der bei Voraussetzung gleicher Wärmecapacitäten des Wassers und des menschlichen Kör-

pers, sowie eines Gewichtes des letzteren zu 75 Kilogr. leicht verständlichen Gleichung $(400 + 75)t = 400.40 + 75.37$, woraus $t = \frac{18775}{475} = 39,5$ zu ungefähr $2^1/_2$ Centesimalgraden oder 187,5 Wärmeeinheiten. Solch eine Temperatursteigerung des Organismus dürfte wohl auf die Länge nicht ungefährlich sein, sie wird aber schwerlich selbst bei grösserer Hitze des Badewassers einen so hohen Werth annehmen, weil durch Wärmeabgabe an die doch immer beträchtlich kühlere Umgebung von Seite der Wasseroberfläche, des Contactes der Wanne und die organische Thätigkeit der hervorragenden Körpertheile namhafte Verluste der in Rechnung aufgenommenen Grössen eintreten. — In viel geringerem Masse ist Letzteres der Fall, wenn den ganzen Aufenthaltsraum heisse nahezu mit Wasserdunst gesättigte Luft mit einer Temperatur von 40—60° C. erfüllt. In solchen Dampfbädern wird der Herzschlag bis aufs doppelte beschleunigt, also das Blut äusserst rasch im Körper verbreitet, vornehmlich aber zur Haut geleitet, welche sich röthet und mit Schweiss bedeckt. Die cutane Transspiration hört indess auf, wenn die Herzthätigkeit erlahmt, was in hoher Temperatur leicht eintritt, wenn nicht intermittirende Reize dagegen wirken. Solche werden in Form kalter Begiessungen und verschiedentlicher zarter oder unsanfter Manipulationen, wie Reiben, Bürsten, Streichen, Kneten von den Kennern der Dampfbäder, den Türken und Russen mit Leidenschaft herbeigezogen und in neuerer Zeit auch bei uns zur Steigerung des Wohlbehagens oder für besondere Heilzwecke gegen nervöse, musculare, hydropische, cutane Leiden derb in Anwendung gebracht. —

Obschon die mit Wasserdunst geschwängerte Luft wegen ihres geringeren thermischen Leitungsvermögens viel heisser vertragen wird, als das Wasserbad, rufen doch allzuhohe Temperaturgrade so tiefe Störungen hervor, dass jene mit dem Leben nicht dauernd vereinbar erscheinen. Tillet's Angabe, dass ein Mädchen 10 Minuten lang in einer Luft von 132° C. ohne bleibende Schädigung ausgehalten habe, ist jedenfalls ein höchst seltsamer Ausnahmefall; in der Regel gehen Säugethiere (Vögel später oder in höherer Hitze) schon bei 100° C. binnen 15 — 20 Minuten zu Grund und erleiden dabei einen Verlust an Körpergewicht, welcher an Kaninchen durchschnittlich zu 1 Gramm in der Minute berechnet wurde; dabei steigt die Eigenwärme bis zum Tod höchstens um 4 — 5° C., während Erniedrigung der Normaltemperatur in mehr Graden ohne tödtlichen Ausgang ertragen werden soll. — Endlich ist von den allgemeinen thermischen Einwirkungen noch namhaft zu machen: Cadet-Gassicourt's Erwärmungsapparat für Cholerakranke, durch deren Lager in gewundenen Röhren die in Blechkästen durch offene Flammen erhitzte Luft geleitet wird, und die in Petersburg versuchte Erwärmung unreifer

Kinder in Wannenartigen, zwischen kupfernen Doppelwänden warmes Wasser bergenden Wiegen, welche Methode an die wahrscheinlich erfolgreichere Unternehmung erinnert, die natürliche Brutwärme der Vogeleier in künstlich erwärmten ausgepolsterten Blechkästen zu ersetzen. —

Bei der örtlichen Application der Wärme sind die milderen und die hohen Grade zu unterscheiden. Im ersteren Falle übersteigt die Temperatur trockner oder feuchter Umschläge diejenige der Haut wenig und wirkt auch nicht so sehr durch jenen Ueberschuss als mittels der im bedeckten Theile zurückgehaltenen Wärme. Das Vertrauen auf ihre die Aufsaugung und Zertheilung fördernden, die Nerven beruhigenden, auch beeinträchtigte, namentlich motorische, Functionen hebenden Einflüsse ist gegenüber der älteren Zeit vielfach gelockert, und insofern wenigstens zum Heile des Kranken, als die allzu ängstlich abschliessende Warmhaltung einer kühneren selten schädlichen Erfrischung gewichen ist. In besonderen Ehren standen hiebei gewisse natürliche Wärmequellen, wie der von den Sonnenstrahlen durchglühte Schlamm, welchen die Aegypter dem heiligen Nil entnahmen, und die Bewohner der Krim noch jetzt gern anwenden, ferner das thierische Kataplasma; ein drüsiges Eingeweide, ein innerer membranöser Sack oder das Fell eines frisch geschlachteten Thieres soll in der Blutwärme, einem gelähmten oder sonst erkrankten Organe aufgelegt, in wunderbarer Schnelligkeit Kraft und Gesundheit verleihen; das Widerliche, welches das Verfahren für eine zartere Phantasie hat, wussten die Römer nach Plinius durch die Vorschrift zu versüssen, dass zur Sicherung der besten Wirkung eine nackte Jungfrau die Application ausführen müsse; von da bis zur angeblich therapeutischen Benützung der lebendigen Menschenwärme im Sinne David's ist nur noch ein kleiner Schritt. — Locale Temperatureinflüsse über 50° C. bewirken Gefässerweiterung, Congestionirung, Exsudation, unangenehme Empfindung, die sich von 60° C. an zu immer heftigerem Schmerz steigert, und sobald das Eiweiss zu gerinnen beginnt, Blasenbildung. Ihr therapeutischer Zweck kann sein: Auslösung heftiger Nervenreactionen durch den plötzlichen Reiz, und hiemit, doch selten für die Dauer erreichte, Umstimmung der Gesammtconstitution oder einer bestimmten inneren Abweichung, Stillung der Blutung aus verletzten Gefässen, Zerstörung krankhafter Neugebilde, Ausbrennung vergifteter Wunden, um wo möglich den Ansteckungsstoff vor dem Uebertritt in die Säftemasse zu vernichten. Dabei ist nicht nur weniger geholfen durch eine anscheinend schonende Behandlung mittels niedrigerer Temperaturen, sondern auch der Schmerz vergrössert; nur sehr heisse Instrumente, wie weissglühendes Eisen, dringen scharf und tief ein, sonst ist die Mittheilung der thermischen Wirkung eine auffällig langsame, indem z. B. bei äusserlich

400° C. schon 1,4''' unter der Haut nur 50° C. gefunden wurden. Heisse Flüssigkeiten, wie Baumöl, bei 110, Terpentinöl, bei 160° C. siedend, sind deshalb nur bei besondrer Sachlage benutzbar, und auch die hellbrennenden Moxen, zu denen die indischen Bramahnen seit uralter Zeit Binsenmark verwenden, weichen an Allgemeinheit des Gebrauches der Metallglut, welche einzig in der unter: III. 3. C. c. abzuhandelnden Galvanokaustik eine Concurrentin findet. —

§. 229. Das Gegenstück der Wärme, die Kälte, welche physikalisch mit ihr in Eines zusammenfällt, subjectiv aber in der Vergleichung eines tieferen Temperaturgrades mit dem allgemeinen oder örtlichen Stande der Eigenwärme zu Bewusstsein kommt, vermindert den stofflichen Umsatz und den vitalen Turgor des Organismus, schwächt also zunächst seine Functionen, ist aber, innerhalb mässiger Grade des Einflusses, bald von einer reactiven, der Lebensenergie günstigen, Thätigkeit der wichtigsten Theile gefolgt, welche unter Anderm auch durch ein gesteigertes, jedoch mit keiner gleichwerthigen objectiven Temperaturerhöhung correspondirendes, Wärmegefühl bemerkt wird. —

Die allgemeine Einwirkung der Kälte, welche auf die nervösen Organe einen belebenden, auf die motorischen einen tonisirenden Reiz üben soll, und je nach Form, Intensität und Dauer zu nutritiven Modificationen, wie reactiven Phänomenen führt, geschieht zuvörderst in Gestalt frischer und reiner Luft, welche in der besseren Erkenntniss der Neuzeit besonders in zymotischen Krankheiten an Stelle des hermetischen Abschlusses und der Stagnation trat, dann in derjenigen der kalten Getränke und Bäder. Im ersteren Falle, wenn der Genuss des kalten Wassers zugleich ein reichlicher ist, sind die secundären Wirkungen auf den Stoffwechsel bedeutsamer, als die directen der Kälte, unter deren Ressort nicht einmal die von Sanctorius und Böker bemerkte Thatsache der verminderten insensiblen Perspiration fällt. Die interne Wärmeentziehung, welche sie verschuldet, ist geringfügig und erklärt nicht die zuweilen behaupteten, doch nicht immer sicher constatirten Folgen des kalten Trunkes, mit welchem, wenn man seine Schädlichkeit aufrecht erhalten will, wohl die antagonistische Ueberfüllung der Darmgefässe und der nach Hermann vermehrte Druck im arteriellen System in Zusammenhang gebracht werden müsste, was nur selten zu Zerreissungen, sondern am häufigsten zu Diarrhöen führen wird. Es ist fraglich, ob dieser allerdings nicht absolut fern zu haltenden Störung gegenüber nicht die Gefahr einer Insolation (Hitzschlag) mächtiger in die Wagschale fällt, welche leicht zur Gewährung eines ohnedem selten frischen Trunkes zumal auf Massenmärschen unter der Erwägung hinneigen dürfte, dass jene schlimmen oft schnell tödtlichen Zufälle weniger der intensiven Hitze an sich, als einer mangelhaften

Transspiration des Organismus, entweder wegen Dampfübersättigter Atmosphäre oder wegen der Wasserarmuth des Körpers zuzuschreiben sind. Uebrigens entzieht 1 Liter Wasser von 10° C., welches im Magen auf 37° erwärmt werden sollte, dem Leibe bloss 27 grosse Calorien, erniedrigt also seine Temperatur noch lange nicht um einen halben Grad. —

Auch das kalte Bad, dessen Anwendbarkeit nach Grad und Dauer von der Höhe der individuellen Reizbarkeit und dem Vermögen der Wärmeausgleichung abhängt, erniedrigt schon wegen Hemmung der peripherischen Circulation die Eigenwärme weit weniger, als das subjective, abgesehen von krankhaften Verhältnissen durch die Schnelligkeit der Wärmeableitung bestimmte Gefühl erwarten lässt. Virchow's Mundtemperatur sank in einem Seebad von 19,1 C°. um 1,6—2° C., stieg aber in der nächsten Stunde um 0,5—1° C. über den vor dem Bade wahrgenommenen Werth. Die in dieser vermehrten Wärmeproduction zur Geltung kommende Reaction vindicirt Liebermeister dem Organismus schon während des Bades, indem in einem solchen von 20,1—20,6° C. binnen $9^1/_2$ Minuten ein Erwachsener 60000 Calorien hervorbringen soll, während er in gleicher Zeit unter gewöhnlichen Umständen bloss 17800 erzeugt. — Die Beschränkung des kalten Bades leitet zur örtlichen Anwendung der Kälte über. Kalte Sitzbäder, Immersionen und Irrigationen, Combinationen der Kälte und des mechanischen Eindruckes im Regen-, Tropf-Bad und der Douche gehören hierher. Wichtiger aber an dieser Stelle erscheint die locale Verwendung des Eises, dessen Wärmebindungsvermögen im Schmelzungsact für längere Zeit eine constante tiefe Temperatur verbürgt. Milderung der Nervenreizbarkeit, Verengerung der Gefässe, Beschränkung des Stoffwechsels, wenn auch innerhalb enger räumlicher Grenzen, sind seine unschätzbaren Leistungen auf Entzündungsheerden; selbst bei geschützter Lage des kranken Organes, wie des Gehirnes, ist wenigstens auf symptomatische Linderung des Zustandes zu zählen; auch innerlich gewährt es in etwa haselnussgrossen Stücken dem Typhösen nicht nur Stillung des Durstes, sondern auch Besänftigung der Darmbeschwerden, der Italiener beseitigt damit die Diarrhöen der endemischen Sommerkolik, und in der Angina ist nichts so wohlthätig, als das Gurgeln mit Eiswasser. — Tiefere Kältegrade lähmen die sensibeln Hautnerven für längere Zeit so gründlich, dass daran zu denken war, Eis oder nöthigen Falles eine Kältemischung, etwa zu dreiviertel Schnee und einem Viertel Kochsalz, womit bei schneller gewandter Bereitung die Temperatur leicht bis: — 17° C. erniedrigt wird, als anaestheticum zu benützen. Dass beschränkte Hautpartien hiedurch gegen Stiche und Einschnitte völlig unempfindlich werden, steht ganz ausser Zweifel, da aber der erstarrende Einfluss des Mittels bei den bestehenden Lei-

tungsverhältnissen nicht allzuweit in die Tiefe reichen kann, ja aus wichtigen organischen Gründen nicht einmal darf, ist von einem Ersatz des Chloroform für grössere Operationen hier ebensowenig die Rede, als gegenüber dem Richardson'schen Aetherzerstäubungsverfahren, welches die Anästhesirung der Haut oder des vornehmlich in Aussicht genommenen Zahnfleisches durch die bei der raschen Verdunstung eines feinen, continuirlich mittels einer Druckpumpe aus Kautschuk und eines als Heronball wirkenden Fläschchen aufgespritzten, Aetherstrahles entstehende Verdunstungskälte bewerkstelligen will, aber im entscheidenden Falle nur selten zum Ziele führt. — Eine dankbarere Verwendung fände vielleicht die Verdunstungskälte, wenn die in der Technik endlich anerkannte künstliche Eisbereitung auch dem Hospital ständig dienstbar würde. Gorrie's Vorschlag, verdichtete Luft aus einer Brause durchs Wasser zu treiben, welchem sie im Expansionsact hinlänglich Wärme entziehe, um es gefrieren zu machen, wird im Verhältniss zum Aufwand an Veranstaltungen und Kräften kaum mehr leisten, als Carré's mit Ammoniakgas arbeitender Eisapparat, welcher sich ebensogut in kleiner Form zu bequemer häuslicher Handhabung, als im Grossen darstellen lässt. Ein luftdicht verschlossener Cylinder ist zu drei Vierteln seines Volumens mit einer concentrirten Lösung von Ammoniak in Wasser gefüllt. Auf seinen Deckel ist luftdicht ein engerer Cylinder aufgesetzt, von welchem eine Röhre zum gleichfalls hermetisch schliessenden cylindrischen Refrigerator geht. Der gesammte Innenraum muss, soweit er nicht vom oben erwähnten Präparat eingenommen wird, luftleer sein. Aus dem erhitzten ersten Cylinder entweicht nun das Ammoniakgas zum kühlgehaltenen Refrigerator und wird hier tropfbarflüssig. Die Erwärmung wird zuerst bis 40° C. getrieben, worauf man durch eine, auf den Refrigerator aufgesetzte, Art Wasserventil etwa vorhandene Luftblasen austreten lässt, dann auf 130° C. gesteigert. Jetzt wird der Refrigerator in eine wenig weitere Blechbüchse gesteckt, der Zwischenraum mit Weingeist gefüllt, und das Ganze in ein Wassergefäss versenkt. Die Feuerung des ersten Cylinders wird jetzt gelöscht, derselbe vielmehr durch Wasser abgekühlt, und so die noch darin befindliche Flüssigkeit zur Rückabsorption des in den Refrigerator übergestiegenen Ammoniak befähigt; dadurch wird um den letzteren herum so viel Wärme gebunden, dass sich an seinen Umhüllungsmantel ein Eiskegel anlegt. Ich sah solch einen kleinen intermittirenden Apparat präcis und erfolgreich 1873 im Helmholtz'schen Laboratorium zu Berlin arbeiten. — Auch eine Kältemischung dient zur schnellen Eisbereitung im Kleinen, so ein das Frostwasser 2—3mal an Umfang übertreffendes Gemeng aus 2 Theilen Salzsäure und 3 Theilen gepulverten Glaubersalzes. —

Die Kaltwasserkuren, welche durch Priessnitz auf Grä-

fenberg in Schlesien zu so hohem Ansehen gebracht wurden, berühre ich bloss mit der Bemerkung, dass der primäre Kälteeindruck nur den untergeordneten Theil ihrer Tendenz bildet, diese vielmehr hauptsächlich auf die reactive Thätigkeit des in Form des Getränkes, der Einwicklung, des Bades, der Douche der tonisirend und alterirend bis zur angeblichen kritischen Ausscheidung wirkenden Flüssigkeit ausgesetzten Organismus rechnet.

E. Bedeutung der Wärme für die Pflanzen.

§. 230. Für die Pflanzen ist die Wärme activ oder mit ihren organischen Lebensvorgängen innerlich verbunden weniger bedeutsam, als bei den Thieren, denn nur bei besonderen Gelegenheiten, namentlich der Keimung kommt es zu selbständiger Wärmebildung, welche einen Spielraum von etlichen Graden nicht überschreitet; desto mehr aber hängen die ersteren in allen Phasen ihres Daseins so nothwendig und innig mit den Temperaturverhältnissen zusammen, dass diese stets einen wesentlichen Factor der Vegetation bilden. Jedes bestimmte Stadium der letzteren sieht unter die Bedingungen seines gedeihlichen Fortganges obere und untere Grenzen der Temperatur aufgenommen, innerhalb deren dieselbe zwar ohne Gefährdung der Sachlage schwanken darf, doch so, dass, wenngleich ohne strenge Proportionalität, mit der Wärmezunahme eine Steigerung des vegetativen Processes einhergeht. Ueber die zulässigen Extreme hinaus sind Abweichungen der Wärme, wenigstens bei längerer Dauer und häufiger Wiederkehr für das Leben der Pflanze immer bedenklich, so dass dieselbe also nicht bloss in gewissen entscheidenden Phasen auf ein bestimmtes absolutes Temperaturmass, sondern auch auf einen bestimmten Gang der thermischen Schwankungen angewiesen ist. Finden nach der einen oder andren Richtung nicht die erforderlichen Bedingungen statt, so hat dies nicht gerade immer den Untergang der ganzen Pflanze zur Folge, wohl aber stellen einzelne Organe einen Theil ihrer Functionen ein. — Die Wassereinsaugung der Tabakpflanze hört z. B. auf, sobald die Wurzeltemperatur unter 5° C. gesunken ist, wogegen brassica noch bei 0° genügend Wasser aufnimmt, um die Transspiration ungestört zu belassen — und gewisse pflanzliche Stoffe, von denen oft der Culturwerth des Gewächses in erster Linie abhängt, kommen nicht zur reichlichen oder vollkommenen Entwicklung.

Mehrere Pflanzen haben gegen Kälte ein erstaunliches Widerstandvermögen So blüht Soldanella alpina unter dem Schnee, Giges sanguinea, die Mythe des rothen Schnees veranlassend, vegetirt unter der Firnfläche, und microstoma hiemalis wird in gefrorener Erde gefunden. Dabei vertragen

niedere Pflanzen auch alle Uebergänge der Temperatur, welche wechselweise Erstarrung und Verflüssigung der Säfte bewirken müssen, auf's Beste. Wo naturgemäss grosse Wasserarmuth herrscht, ist dies auch an Theilen höherer Gewächse der Fall, wie an Rinde, Samen und sogenannten Winterknospen. Dagegen sind die saftigen Organe der letzteren namentlich gegen rasche Temperatursprünge oft sehr empfindlich. Da hiebei die vernichtende Erschütterung des molekularen Baues zuweilen mit einer gewissen Plötzlichkeit, wie bei zu schnellem Aufthauen gefrorener Zellen geschieht, dachte man an eine gewaltsame Zerreissung ihrer Wände. Weil aber in solchen Fällen die diosmotische Functionsfähigkeit erhalten bleibt, scheint vielmehr das Protoplasma gründlich verändert zu werden, wodurch secundär auch die Turgescenz der Zellmembranen leidet, und die atomistischen Anziehungen der pflanzlichen Moleküle unter sich wie zum Wasser eine Verminderung erfahren. —

Gegen die positiven Temperaturextreme ist im Allgemeinen das Verhalten der Pflanzen ein ähnliches wie gegen negative. Einige bewähren dagegen eine erhebliche Widerstandskraft, doch sind es meist niedere Formen, wie Eunotien, welche Ehrenberg auf Ischia bei 85° C. lebend fand, oder solche Theile, deren Zellen einen sehr geringen Wassergehalt besitzen. Die Blätter der meisten Gewächse sterben in Wasser von 45° C. oder in Luft von 51° C. schon nach 10 bis 30 Minuten ab. Diejenigen der Mimosen fallen bei 50° C. in einen, ihrem gewöhnlichen Verhalten entgegengesetzten Zustand mangelnder Reizbarkeit, welcher als Wärmestarre bezeichnet wird und in einer von tieferen Temperaturen hervorgebrachten Kältestarre sein Analogon findet.

§. 231. Ueber die Wärmeleitung pflanzlicher Körper sind folgende Thatsachen bekannt. —

Nachdem noch 1800 Rumford dem Holze, wie allen stark porösen lockeren oder gar schwammigen Körpern jede Wärmeleitungsfähigkeit abgesprochen hatte, setzten die Beobachtungen von de la Rive und Decandolle, angestellt 1827 an parallelepipedischen Stäben sehr trockner Hölzer, das Vermögen derselben, Temperaturunterschiede fortzupflanzen, ausser Zweifel und constatirten zugleich ein verschiedenartiges Verhalten in der Richtung der Fasern oder senkrecht darauf.

Im Allgemeinen leiten die dichtesten Holzarten die Wärme am besten und erscheint der Faserverlauf stets als der geeignetste Weg zur raschen Verbreitung der Wärme, während diese quer gegen die Fasern viel langsamer fortschreitet. Es erklärt sich daraus, warum die Bäume, namentlich mit dichten Jahresringen, im Innern des Stam-

mes die angenommene Bodentemperatur so andauernd bewahren; dieselbe verbreitet sich nämlich mit den Pflanzensäften und auch auf den festen Leitungsbahnen leicht von Unten nach Oben, entweicht aber schwierig und langsam quer durch den Stamm und die noch schlechter leitende Rinde in die umgebende Luft.

1858 beschäftigte sich Knoblauch wiederholt mit den Wärmeleitungsdifferenzen je nach dem Richtungsverhältniss des Wärmestromes zu den Fasern, befolgte jedoch hiebei eine neue Methode, indem er sich nicht an die Angaben der in Bohrlöcher des erwärmten Stabes unter Quecksilber versenkten Thermometer hielt, sondern auf Kreisscheiben, welche vom durchbohrten Centrum aus erhitzt wurden, das Abschmelzen dühner Stearinüberzüge verfolgte. Es geschah dies stets in elliptischen Zonen, deren grosse Achsen mit der Faserrichtung zusammenfielen. Das Verhältniss der kleinen zur grossen Achse der abgeschmolzenen Ellipse wechselte von 1 : 1,25 (z. B. Acacia) bis 1 : 1,8 (z. B. Pappel) und soll ein zutreffender Ausdruck für die nach der Richtung verschiedenartige Structur des Holzgewebe sein.

Greiss vervollständigte 1870 diese Versuche dahin, dass er Holzplättchen sowohl in der Richtung der Fasern, als senkrecht darauf geschnitten hinsichtlich ihrer Wärmeleitung durch das Abschmelzen aufgetragenen Wachses prüfte. Die Schmelzfläche war auch hier im ersten Fall stets eine Ellipse mit der grossen Achse in der Faserrichtung, im zweiten Falle aber ein Kreis, wonach die Wärmeleitung senkrecht zu den Fasern allerwärts gleich erscheint. — Ausnahmen, welche schon Knoblauch von der anfangs vermutheten, an sich nicht unwahrscheinlichen Regel erhalten hatte, dass die Verschiedenheit in der Wärmeleitung mit steigender Dichte abnehme, constatirte Greiss namentlich am Weissbuchen-, Nussbaum- und Tannen-Holz, indem auf beiden ersteren stets eine gestrecktere Ellipse abschmolz, als auf letzterem.

Ausserdem wurden von pflanzlichen Körpern untersucht Rinde, Blätter und Wurzeln mehrerer Bäume, Möhren, Kartoffeln, Kohlrabi, Aepfel, Birnen, Eicheln, Rosskastanien, Muskatnüsse. — Bei allen flächenhaften Gebilden erschien das abgeschmolzene Wachs in mehr oder weniger gestreckten Ellipsen, wenigstens auf den Längsschnitten; auf den Querschnitten, wo solche möglich waren, gleichfalls bei den Wurzeln der Weissbuche und zahmen Kastanie, der Rinde von Eiche und Fichte, sonst überall in Kreisen. — Die grösste Achse der Schmelzungscurve verlief meistens in der Längsrichtung des geprüften Körpers.

§. 232. Eine Wärmecapacitätsuntersuchung Pfaundler's in Innsbruck vom Jahre 1866 betrifft zwar Materialien,

welche an sich den Pflanzenstoffen fern, wohl aber mit der Vegetation, als Lebensprocess organischer Wesen in engem Zusammenhang stehen. Gerade diesen hat der Autor der im 129. Band von Poggendorff's Annalen der Physik erschienenen Abhandlung über die specifische Wärme der Bodenarten vornehmlich im Auge, indem von der Betrachtung ausgegangen wird, dass neben der geognostischen Beschaffenheit oder der chemischen Zusammensetzung des eine bestimmte Pflanzenart ernährenden Erdreiches dessen physikalische Eigenschaften von wesentlichem Einfluss auf die darauf wachsenden Organismen seien. Neben den mechanischen Voraussetzungen, welche im fruchtbaren Boden erfüllt sein müssen, ist für ihn und die Pflanze nichts so wichtig als die Wärme, von welcher eine aequivalente Menge in der Arbeit der Nahrungsaufnahme verbraucht wird. Auf jene Kraft und ihren für die Vegetation verfügbaren Werth hat nun nicht bloss die Temperatur der Luft, sondern auch die des Bodens Einfluss, so dass dessen Fähigkeit Wärme zu binden oder abzugeben die vegetative Nutzbarmachung der thermischen Sonnenkraft ebenso wesentlich mitbestimmt, wie die directe Bestrahlung, meteorische Befeuchtung, und stoffliche Nährkraft des Bodens, besonders bei solchen Gewächsen, deren Entwicklung sie vorzugsweise in oder nah am Boden hält, dessen Temperatur daher einen überwiegenden Bruchtheil der im Vegetationsprocess verbrauchten Gesammtwärme bildet. — Nach der wenig modificirten Regnault-schen Mischungsmethode bestimmte der Forscher die Wärmecapacitäts-Grenzen der Erden zu 0,19 und 0,5; die geringste specifische Wärme haben die humusfreien Bodenarten, ohne Rücksicht darauf, ob Kieselsäure oder Kalk oder Magnesia den Hauptbestandtheil bildet. Wahrscheinlich liegt demnach die Wärmecapacität aller trockenen humusfreien Erdarten in der Nähe von 0,2 (Wasser = 1). Die höchste Wärmecapacität: 0,507 besitzt der Torf, dann kommen ausgezeichnet humusreiche Bodenarten mit 0,4143 und 0,3489. In Mitte liegen Erden von verschiedentlichem Humusgehalt mit den Durchschnittwerthen: 0,25—0,28. — Ausser den organischen Zersetzungsmaterialien erhöht auch ein starker Wassergehalt, wie an Thon und Lehm die Wärmecapacität namhaft. Ob in dieser Hinsicht ein Erzatz möglich sei, ist im Hinblick auf die Erfahrung der Untersuchung werth, dass Pflanzen der Schieferformation, deren Verwitterung lehmige wasserreiche Erde gibt, fast gleich gut auf einer mit dickem Humuspolster bedeckten Kalkunterlage gedeihen, was allerdings grossentheils der Abhaltung dieser durch jenes von den Pflanzenorganen zuzuschreiben sein wird, doch auch mit der Aehnlichkeit der Wärmecapacitäten in Beziehung gebracht werden kann. — Im Allgemeinen bedingt eine grosse Wärmecapacität einen kleinen Abstand der Temperaturextreme, geringe specifische Wärme

einen beträchtlicheren, weil dort zwar die Bodenerwärmung durch die Sonne langsamer geschieht, aber in gleichem Verhältniss die Temperaturabnahme verlangsamt ist, hier dagegen unter denselben Umständen früher, oder unter verschiedenen: bei schwächerer Besonnung ein bestimmter Wärmegrad erreicht, dafür jedoch Nachts so schnell und tief die Temperatur erniedrigt wird, dass die Pflanze leicht erfriert, während sie im ersten Fall nicht gefährdet gewesen wäre.

III.

Die Elektricität.

§. 233. Es ist höchst wahrscheinlich, dass auch die Vorgänge der elektrischen Ladung, Spannung, Vertheilung und Strömung an Schwingungsformen der Aetherpunkte und Körperatome oder an deren gegenseitige Beziehungen gebunden sind, aber die Versuche einer solchen Zurückführung, denen im Interesse einer grossartigen einheitlichen Gesammtanschauung des Naturlebens der beste Erfolg nicht nur gewünscht, sondern wohl für die Zukunft in sichere Aussicht gestellt werden darf, vermochten bis jetzt ihren Resultaten nicht den zweifellosen Charakter wissenschaftlicher Bestimmtheit aufzudrücken. Man muss daher vor der Hand die vielgestaltige und allwirksame Elektricität als eine physikalische Kraft eigener Art betrachten und kann bloss insofern dem Bestreben nach theoretischer Vereinfachung unbedenklich nachkommen, als man den Magnetismus aus seiner Isolirtheit in eine elektrische Ableitung verwandelt.

1. Thierische Elektricität.

§. 234. Der Traum Galvani's von einer den Organismen eigenthümlichen elektrischen Ladung oder Strömung musste zunächst der reiferen und gründlicheren Volta'schen Entdeckung der Contactelektricität weichen, jedoch nur, um, nachdem letztere feinere Mittel der Beobachtung und eine tiefere Theorie zu bieten vermochte, in Form einer klaren Idee, freilich in völlig ungeahnter Gestalt ins wache Leben einzutreten.

Von Galvani bis Dubois Reymond sind zwar viele schätzbare Einzelheiten auf fraglichem Gebiete gefunden worden, einen wissenschaftlichen Abschluss brachte aber erst des letzteren Forschers an Fleiss, Scharfsinn und Erfolg gleich beispiellose Arbeit, welche in dieser Sache so bahnbrechend und massgebend ist, dass eine wesentliche Abweichung von ihren Aufstellungen in der Wissenschaft kaum mehr zulässig erscheint.

A. Elektrische Ladung des Gesammtkörper.

§. 235. Der ältere Saussure prüfte an vielen Menschen unter den verschiedensten Verhältnissen auf einem Isolirschemel elektroskopisch deren etwaige Ladung, fand indess bald positive, bald negative, bald gar keine Elektricität, verzichtete daher auf Darlegung irgend einer Regelmässigkeit in diesen Erscheinungen und schrieb dieselben der Reibung der Kleider an der Haut zu. — Dagegen waren Gardini und Hemmer eifrige Vertheidiger einer eigenthümlichen Elektricität des menschlichen Körpers. Ersterer geht so weit, in der angeblich positiven Ladung seines eigenen Leibes im Winter und Frühling reguläre Tagesperioden zu erkennen, und Schweiss, Krankheiten, Schwangerschaft als Ursachen der Umkehrung oder Verminderung der elektrischen Ladung anzugeben. — Der Zweite hält auch die positive Elektricität des Organismus für normal und bezieht negative Zustände desselben auf einen „status violentus". — Sjöstén vertrat 1800 die negativelektrische Ladung des Menschen als die gewöhnliche.

Um Vieles höher steht Ahrens' unter Pfaff's Leitung 1817 ausgeführte Arbeit, welche zu folgenden Ergebnissen führte. Die Prüfung geschah durch Auflegung der Hand an die Collectorplatte eines Goldblattelektrometer, dessen Condensator zur Erde abgeleitet war. In der Regel ergab sich eine positiv elektrische Ladung gesunder Menschen, am stärksten bei reizbaren Sanguinikern und des Abends. Weiber wurden öfter als Männer negativelektrisch gefunden, ohne dass jedoch daraus eine allgemeine Regel für die Geschlechter abgeleitet werden wollte. In rheumatischen Zuständen verschwand die Elektricität und kehrte in demselben Verhältniss zurück, in welchem sich das Leiden besserte. — Nasse fand überall, auch an Leichen positive Elektricität und erklärt daher ihre Entstehung rein äusserlich und vom Lebensprocess unabhängig. —

Die neuesten Untersuchungen über das elektrische Verhalten der menschlichen Körperoberfläche stammen von Meissner in Göttingen (Zeitschrift für rationelle Medicin, XII.) Eine reine Messingscheibe nimmt auf der trocknen Haut des Vorderarmes eine ansehnliche negativelektrische Ladung an, welche bei isolirtem Körper mit jeglicher Wiederholung schwächer wird. Meissner betrachtet als Ursache dieser Erscheinung den vertheilenden Einfluss der natürlichen Muskelströme (siehe: D. a.), wobei die Epidermis die isolirende Schicht, die stets vorhandene Hautfeuchtigkeit aber den Ableiter der gleichnamigen Elektricität bildet. Als experimentum crucis beschreibt er folgendes Verfahren: „Man stellt einen Condensator mit hinreichend grossen Platten so auf, dass man einigermassen

bequem unter eigener Beobachtung des Abstandes den Arm mit den vorderen Muskelbäuchen über die obere oder unter die untere Scheibe halten kann; der Abstand der Armoberfläche von der Scheibe kann etwa 2''' betragen. Während man den Arm der Scheibe angenähert hält, berührt man dieselbe Scheibe mit dem Finger, entfernt diesen, entfernt dann den Arm und berührt darauf die andre Scheibe ableitend, worauf der Arm wieder angenähert wird und dieselben Manipulationen sich wiederholen. Ist dies 10 bis 15mal geschehen, so besitzen beide Condensatorscheiben relativ starke Ladungen, negativ auf der vom Arm berührten Scheibe, positiv anderseits.“ — Bald fand auch dieser Galvani seinen Volta, indem Hankel in Leipzig durch Versuche, deren Beschreibung man im 126. Band von Poggendorff's Annalen der Physik liest, nachwies, dass die Entstehung dieser elektrischen Ladungen rein äusserlich in Frictionsphänomenen, modificirten Vertheilungswirkungen der Luft, und in der Berührung heterogener Leiter begründet ist. In der That wäre auch, selbst wenn man mit Meissner den Muskel in elektrischer Beziehung als einen Apparat gelten lassen will, dessen Eigenthümlichkeit die Mitte zwischen der trocknen und feuchten Säule hält, schwer zu begreifen, wie die schwachen Muskelströme zu so hohen Spannungsphänomenen Anlass geben könnten, und in welcher Weise dieser überraschende Umsatz von dynamischer in statische Elektricität sich vollzöge.

§. 236. Steigerungen der elektrischen Ladung von Menschen bis zu wirklichem Funkensprühen werden vielfach erzählt. Am ältesten ist abgesehen von zufälligen, daraufhin deutungsfähigen Erwähnungen in ausser- oder anders-wissenschaftlichen Büchern wohl eine indess unsichere Mittheilung, welche Gaub 1763 von einem Arzt bei Lüttich erhielt. — Ausser mehreren Fällen in der Schweiz, in Italien und Russland, aus denen bloss bemerkenswerth ist, dass Michael Puschkin in Tobolsk auch seine Gattin elektrisch gemacht haben soll, erregte das meiste Aufsehen die elektrische Dame von Orford in den vereinigten Staaten Nordamerikas, deren Vermögen, fast zolllange Funken zu geben, am 25. Januar 1837 gelegentlich der Beobachtung eines Nordlichtes entdeckt wurde, jedoch nach mehrmonatlichem Bestand unter gleichzeitigem Wegfall verschiedentlicher nervöser Leiden gänzlich verschwand. — In diesem Lande scheinen überhaupt starke elektrische Erscheinungen an menschlichen Individuen vorzukommen, wie Loomis 1857 aus New-York mittheilt. In den kalten Wintermonaten werden die Haare beim Kämmen so stark elektrisch, dass sie sich sträuben und nur mit Wasser glatt gelegt werden können. Die Finger erscheinen bei Dunkelheit von leuchtendem Schimmer umgeben und aus dem Knöchel der Hand springen Funken gegen metallene Thürgriffe. Durch's Gehen über den Bodenteppichen in den wohl geheizten Zimmern wird der

menschliche Körper stark elektrisirt. Das Aeusserste hierin erfuhr und leistete eine Dame aus jener Stadt. Nach einigen Schritten über einen dicken Sammtteppich zog sie aus einem Kronleuchter glänzende Funken. An einer metallenen Sprachröhre fühlte sie immer einen Schlag auf den Mund, wenn sie nicht jene mit der Hand vorher ableitend berührt hatte, und an den Thürschwellen bekam sie Erschütterungen, so oft sie zufällig auf die für die Riegel bestimmte Messingplatte am Boden trat. Andren Personen gab sie mit Hand und Mund nicht selten ebenso unbeabsichtigte als unwillkommene Begrüssungsschläge. Das Anzünden kurz vorher erloschener Gasflammen an den noch warmen Brennern soll mittels der elektrischen Funken ihrer Hand leicht gelungen sein. — Die Ursache dieser Erscheinungen liegt vornehmlich in der grossen Trockenheit der nordamerikanischen Atmosphäre, insbesondre innerhalb der mit Luftheizung versorgten Wohnräume.

B. Die elektrischen Fische.

§. 237. Ausser den seltenen Ereignissen an Menschen, deren unter: A. gedacht wurde, und neben der berüchtigten Maus Cotugno's in Neapel, welcher nach eigener Erzählung von höchst zweifelhafter Glaubwürdigkeit 1784 für die beabsichtigte Vivisection des jungen Thieres durch dessen gegen den dritten Finger des Anatomen geschnellten Schwanz mit einem heftigen über den Arm bis an den Hals sich erstreckenden, von Zittern, Schwindel und Grauen gefolgtem Schlage bestraft ward, sind nur von den Zitterfischen kräftig nach Aussen wirkende elektrische Eigenschaften bekannt, welche in ihrer naturgeschichtlichen Vereinzelung noch räthselhafter erscheinen mussten, so lang nichts Genaueres über die allgemeine organische Vertheilung der Elektricität bekannt war. Seit man weiss, dass Nerven und Muskeln wohl aller Geschöpfe mit elektrischen Ladungen ausgestattet sind, welche vermuthlich an sich viel stärker und bei passender Veranlassung leistungsfähiger sind, als es nach den Aussagen unsrer Prüfungsmittel, welche uns nur verhältnissmässig schwache abgeleitete Ströme geben, den Anschein hat, nehmen allerdings diese Fische keine gänzlich exceptionelle Stellung mehr ein, sondern man kann sich vorstellen, dass sie wie alle Geschöpfe, nur vielleicht graduell reichlicher und schneller, in ihren nervösen Gebilden Elektricität entwickeln, welche durch Vermittlung grosser Nervenstämme den sogenannten elektrischen Organen zugeführt wird, deren wahrhafte Rolle als Elektricitätserreger, abgesehen von ihrer rein äusserlich an die Säulenarchitektonik erinnernden Schichtung aus Schleim und Membranen nicht so sicher bekannt ist, um sie nicht auch als blosse Sammmel- und Verstärkungsapparate der elektrischen Ladungen ansprechen zu dürfen.

Sicher bestätigt ist bis jetzt die Elektricität am Zitterrochen (torpedo narce und narcine brasiliensis) im Mittelmeer und atlantischen Ocean, seltener in der Nordsee, Zitteraal (gymnotus electricus) in den südamerikanischen Landseen, besonders Guyana's, Zitterwels (silurus electricus) in mehreren Flüssen Afrikas.

Experimentell wurde die elektrische Ladung und Schlagfähigkeit des Zitterrochen zuerst 1774 durch Walsh constatirt. Man fühlt die übrigens von der Willkür des Thieres abhängigen Entladungen am stärksten, wenn man mit der einen Hand eine Metallplatte, mit der andern den Rücken des darauf liegenden Fisches berührt. Im Wasser, welches wenn auch schlecht, doch viel besser als die Luft leitet, sind Schläge auf Distanz möglich, wodurch wenigstens kleinere Fische hinlänglich betäubt werden, um dem Zitterrochen als Beute anheimzufallen. Fünfzig Schläge werden von einem kräftigen, wohlgenährten Thiere leicht in einer Minute abgegeben; hierauf folgt aber eine Erschöpfungspause, während welcher das elektrische Vermögen fast ganz erloschen ist und nur durch die heftigsten Reize sich aufrafft. Wie die Schlange zur Wiedererzeugung des Giftes bedarf der elektrische Fisch zur Wiedergewinnung seiner eigenthümlichen Kraft einer gründlichen Erholung durch Ruhe und reichliche Nahrung. — J. Davy fand die Magnetisirung von Stahlstücken, die Ablenkung der Nadel und die Erzielung chemischer Wirkungen durch den elektrischen Fischstrom, Becquerel und Breschet constatirten mittels des Galvanometers den äusseren Lauf der Strömung vom Rücken gegen den Bauch, Matteucci, diese beiden Theile metallisch armirend, und Linari erzielten von der Fischelektricität kleine, doch deutliche Funken.

Weit grösser ist die elektrische Kraft der surinamischen Aale, von deren wildem Treiben Humboldt eine malerische Schilderung entwirft. Walsh wies ar ihnen im Wesentlichen dieselben physikalischen Verhältnisse nach, wie am Zitterrochen, nur dass hier die stärkere Ladung zur Ertheilung eines, im Wasser selbst Pferde und Büffel betäubenden, Schlages die Durchbrechung kürzerer Luftstrecken gestattet, und dass die elektrischen Pole an Kopf und Schwanz verlegt erscheinen.

Das angebliche elektrische Organ, welches von auffällig vielen und starken Nervenzweigen versorgt wird, besteht aus 400 bis 500, nach Hunter manchmal über 1000 runden oder polygonalen Säulen, getrennt durch derbe Sehnenstreifen, welche im Rochen vom Kopf zum Bauch, im Aale längs des ausgedehnten Schwanzes verlaufen. Senkrecht zu diesen membranösen Stützen, beim ersten Fische also horizontal, beim zweiten vertikal liegen sehr viele zarte Hautblättchen, abwechselnd mit dünnen Schichten klebrigen Schleimes. — Beim Zitterwels, der am wenigsten bekannt ist, spielt vielleicht das

an den Seiten des Rumpfes zwischen Haut und Fleisch gelegene blätterige Zellgewebe die Rolle des elektrischen Organes.

Vor Kurzem untersuchte Boll die Structur der elektrischen Platten eines seit 1853 zu Berlin in Chromsäure aufbewahrten Malapterus-Präparates. Er fand ähnliche feine Punktirungen wie bei Torpedo, und spindelförmig angeschwollene Nervenendigungen, welche hinten positiv, vorn negativ sich zu verhalten schienen. —

C. Der Frosch-Strom.

§. 238. Da Galvani's Beobachtung der Zuckungen des Froschschenkel, sei es durch den Rückschlag auf Entladung benachbarter Maschinen, sei es durch den Contact metallischer Elektromotoren der geschichtliche Hauptausgangspunkt für die Lehre von der thierischen Elektricität und auch mit der Methodik der älteren Stadien ihrer Erforschung eng verknüpft ist, betrachten wir jene Erscheinung etwas genauer.

Die Schlüsse, welche aus der unmittelbaren Beobachtung der Zuckung gezogen wurden, waren kühn und entschieden genug und lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen: Die Thiere besitzen eine eigenthümliche Elektricität, welche vornehmlich vom Gehirn aus durch die Nerven im Körper sich vertheilt und besonders auf die einer Leidener Flasche mit negativer Oberfläche und positivem Innern gleichenden Muskeln so wesentlich einwirkt, dass der Mechanismus jeglicher Bewegung auf elektrische Strömungen und Entladungen zurückführbar ist. Die Aufspeicherung und Fortführung grosser elektrischer Kraft ist dadurch ermöglicht, dass die innerste Nervensubstanz sehr gut leitet, die ölige Hülle aber isolirt. — Der experimentale Beweis für diese Ansicht, allein in der mehrbesagten einfachen Zuckung niedergelegt, war offenbar viel zu allgemein und vereinzelt, um eine genügend breite und feste reelle Grundlage einer Idee zu bilden, deren positive Behauptung dadurch erklärlich, aber auch um so bedenklicher erscheint, dass sie theoretisch etwas Ansprechendes besass und im Wunsche der Zeit lag. Deshalb fand sie raschen Beifall und selbst nachdem durch Volta's Aufstellung der Berührungselektricität der Standpunkt gänzlich verrückt worden war, trieb der zum physikalischen Erwachen gekommene physiologische Traum als solcher in zahlreichen Köpfen sein Wesen fort. Namentlich liess sich Galvani's dankbarer Neffe Aldini angelegen sein, den Froschstrom in selbständiger Gestalt zur Geltung zu bringen, was in der That für kurze Zeit zu gelingen schien durch die im entscheidenden Moment auf dem Kampfplatz erscheinende Zuckung ohne Metalle, indem die Reaction des Präparates auf die blosse Umbiegung des ischiadischen Nerv gegen die enthäutete Muskeloberfläche auf keinen fremden Reiz zurückgeführt werden konnte. Volta suchte allerdings

auch hier, zum Theil hinsichtlich gewisser unreiner Versuche mit Recht, die chemische Ungleichartigkeit sich und das Präparat berührender Stoffe in erste Linie zu stellen, aber eine Reihe völlig tadelloser Beobachtungen fügte sich dieser Interpretation keineswegs, sondern forderte eine selbständige Betrachtung und Würdigung, zu deren Gunsten gerade rechtzeitig auch Alexander von Humboldt in die Schranken tritt. Er berichtet über diese Angelegenheit:

„Ich zog einem Frosch die Oberhaut ab und präparirte ihn so, dass der Rumpf mit den Schenkeln nur durch die entblössten Ischiadnerven zusammenhing. Ich erregte heftige Muskelbewegungen, als ich das rothe, gar nicht tendinöse Muskelfleisch der Lende leise gegen den Ischiadnerv zurückbeugte. Hier war der Stimulus unter Umständen wirksam, unter denen er sich vorher noch nie gezeigt hatte. Hier waren nur zwei und zwar organisch verbundene Stoffe, Muskel und Nerv in Berührung! Von einem mechanischen Druck konnte die Reizung nicht entstehen, denn alle Theile blieben in Ruhe, als der Ischiadnerv allein mit Muskelfleisch, Siegellak, Holz und andren nicht excitirenden Substanzen erschütternd berührt ward. Ja, eben diese Ruhe erfolgte, als eine dünne Glasplatte oder Blättchen von einer aufgetrockneten Pflanze den Nerv bedeckten, und die Lende nun gegen diese zurückgebeugt ward. . . . Ich hatte also lebhafte Muskelbewegungen erregt 1. indem ich die Lende eines Thieres gegen den Ischiadnerv zurückbog, mit dem sie noch organisch verbunden war, 2. indem der Cruralnerv und sein Schenkelmuskel mittels eines abgeschnittenen Stückes Cruralnerv zugleich berührt wurde, 3. indem thierische Theile eine Leitung von einem Theile des Nerven zum andern bildeten. In dem ersten Fall war der Contact bloss unter solchen Theilen, welche organisch miteinander verbunden waren. In den beiden letzten Fällen geschah derselbe mittels getrennter Stücke, welche aber kurz vorher noch dem gereizten Organ angehörten und entweder der sensiblen oder irritablen Fiber homogen waren.“ —

Humboldt, welchem ähnliche Versuche auch an der Eidechse und Hausmaus gelangen, gesteht übrigens Volta zu, dass Thiere, bei denen homogene Metalle keine Convulsionen erregen, dieselben sogleich erleiden, wenn die Metalle durch die leiseste Abänderung des Mischungsverhältnisses, der Politur, Härte, Form, Temperatur ungleichartig gemacht werden, bestreitet aber die Berechtigung, hieraus den Schluss zu ziehen, dass nur unter der Bedingung einer Ungleichartigkeit in den Metallen Muskularbewegungen erfolgen könnten.

Die Entbehrlichkeit der Metalle für die Zuckung des Froschschenkel musste denn freilich Volta auf Grund dieser und späterer Galvani'scher Versuche einräumen; doch auch Ungleichartigkeiten zwischen den Leitern zweiter Classe: den Flüssigkeiten und feuchten Geweben des Organismus hält er für genügend zur Hervor-

rufung von Erscheinungen, welche durchaus irrthümlich auf eine besondre thierische Elektricität bezogen würden. Wirklich hat die neuere Physik das Auftreten elektrischer Gegensätze und ihre Ausgleichsbestrebungen durch die Berührung ungleichartiger Flüssigkeiten erwiesen, aber trotz der hier wie durch gleichgerichtete Untersuchung capillarer oder diosmotischer Strömungen, thermischer Differenzen und vermuthlich der meisten molecularmechanischen Processe gelungenen Erweiterung der Elektricitätsquellen, gönnt sie auch deren Ableitung aus der organischen Thätigkeit ihr Recht, seitdem dies auf besseren und sicheren Wegen geschieht. Zweifelhaft ist, ob einen solchen Aldini einschlug, wenn er in das Ohr eines eben enthaupteten Ochsen den mit Salzwasser benetzten Finger steckte, und mit der Wirbelsäule eines Froschpräparates, dessen Füsse er in der andren Hand hielt, die Zunge des Thieres berührte. Diese zuckte, und dasselbe geschah nach ähnlicher Verbindung von Rückenmark und Bauchmuskeln eines frisch geschlachteten Kalbes.

§. 239. Von anderweiten Arbeiten ist diejenige Bunzen's in Kopenhagen bemerkenswerth, weil hier zum erstenmal eine Säule aus thierischen Präparaten aufgebaut ward. Er verband Nerven und Muskeln je zweier Frösche durch mit Salmiak befeuchteten Fungus agaricus und schloss den Kreis zahlreicher Paare mit Katzenfleisch, oft auch einem Silberstreifen. Die Oeffnungszuckungen fielen sehr deutlich aus. — Solche Ketten thierischer Glieder scheinen nun öfter hergestellt und geprüft worden zu sein, denn der sonst vorsichtige Physiker Pfaff erklärt ihre elektrische Leistungsfähigkeit als völlig ausser Zweifel gestellt. (Matteucci's Taubenkette.)

§. 240. In ein neues Stadium treten die Forschungen über die Elektricität des Frosches durch Nobili's Anwendung der bekannten Oersted'schen Entdeckung zur Construction eines empfindlichen Galvanometer. Der Nachweis directer elektrischer Nervenströme gelang zwar mit demselben für's Erste nicht, der negative Erfolg gab indess Anlass zu lehrreichen Vergleichen zwischen der Reactionsfähigkeit der Nadel und des präparirten Schenkels, welch letzterer unter Andrem mit Wirbelsäule und Füssen in das Wasser zweier Gefässe tauchend jedesmal zuckte, wenn durch einen Baumwollfaden der Strom geschlossen wurde, dessen Existenz und Verlauf die Magnetnadel nicht durch die allergeringste Regung anzeigte. Durch fortgesetzte Steigerung der Empfindlichkeit des Multiplicators und eine verbesserte Technik der Versuche erzielte er wohl später unter den besagten Umständen Ablenkungen von 10 bis 30°, aber der Froschschenkel bewährte immer einen grossen Vorsprung in der Feinheit seiner Reaction. — In ihm selbst zeigte das Galvanometer ausnahmslos einen Strom von den Muskeln oder den Füssen gegen die Nerven oder den Kopf laufend und dies wurde als der berühmte,

vielfach missverstandene und Verwirrung erzeugende „Froschstrom“ (la corrente propria della rana) bezeichnet. — Aus seinen vornehmlich in die Jahre 1827–29 fallenden Arbeiten theilt Nobili folgende Ansichten über denselben mit: Der Froschstrom ist dauernd vorhanden, bis zu 5° beständiger Ablenkung. Er ist von der Zuckungsfähigkeit des Schenkels unabhängig und um Vieles länger andauernd als diese. Durch säulenartige Combination mehrerer Präparate zeigt er sich namhaft verstärkt. Schwerlich stehe er mit den Lebensvorgängen des Thieres im Zusammenhang, sondern entstehe vielmehr am Präparate thermoelektrisch, indem durch die Verdunstung die kleinere Masse der Nerven stärker abgekühlt werde, als die grössere der Muskeln. — Ueber die Entstehung der thierischen Elektricität hatte schon 1820 Erman eine Ansicht geäussert, welche hier angeschlossen werden mag: „die Nerven, concentrirt bei ihrer Wurzel im Gehirn, dann sich verzweigend in ihrem Fortlauf zur Peripherie geben an und für sich durch die hier geringe, dort grössere Menge ihrer Berührungspunkte mit der übrigen thierischen Masse die Bedingungen elektrischer Ladung, ohne dass man nöthig hat, sich nach einem dritten chemisch verschiedenen Factor umzusehen“. —

§. 241. Matteucci, 1837 seine Untersuchungen über den Froschstrom beginnend, fasste von Vornherein dessen Bedeutung als eine durchaus physiologische auf, indem er das Hauptgewicht auf die Berührung und Wechselwirkung nervöser und bluthaltiger Elemente legte. Am lebenden Thiere ist bei Enthäutung des Schenkels und Herauspräparirung des ischiadicus der Strom auch nachweisbar, doch schwächer, als am getödteten, sichtlich abnehmend, bald ganz verschwindend. Dies braucht aber nicht etwa in Schwäche der elektrischen Ladung während des Lebens begründet zu sein, sondern kann daher kommen, dass der Strom bei im Ganzen unverletztem Nervensystem von einer geschlossenen Kette abgezweigt wird, was ihn schwächer erscheinen lässt, als wenn am künstlichen Präparat ein grösserer Theil der Elektricität durch die Nebenschliessung geht. Uebrigens sei die kunstgerechte Herstellung eines galvanischen Schenkels gar nicht nothwendig, es genüge vielmehr, einen ganzen enthäuteten Frosch mit den Füssen in das eine, mit dem Kopf in ein andres Wassergefäss zu tauchen, und den Inhalt der letzteren durch Vermittlung von Platinblechen mit dem Galvanometerdraht zu verbinden, um einen lebhaften regelmässig gerichteten Strom zu erhalten. — Frosch und Zitterrochen, dessen Erscheinungen denen am ersteren analog gesetzt werden dürften, wären nicht die einzigen Thiere mit elektrischen Wirkungen, vielmehr finde man an frischgetödteten Säugethieren (wohl auch bei Vögeln?) den Strom in der nämlichen Richtung, welcher

demnach in einer gemeinsamen Thätigkeit aller organischen Wesen begründet zu sein scheine. —

D. Die Elektricität der Muskeln.

§. 242. Die Keime der bisher berührten elektrischen Forschungen konnten zu keiner wissenschaftlichen Entfaltung gelangen, weil einerseits ungeeignete Wege der Untersuchung eingeschlagen wurden, anderseits vorgefasste Ideen, nicht ganz frei von mystischem Beigeschmack, die allzu rasch und kühn gezogenen Schlüsse dictirten. Alles Errungene hat deshalb nur einen vereinzelten Werth; die Zusammenfassung desselben unter gemeinsamen Gesichtspunkt, von welchen aus das Isolirte und manche daran geknüpfte Meinung ins richtige Licht gestellt wird, gelang erst Dubois Reymond auf vorher ganz unbekannten oder nur in den Anfängen schüchtern betretenen Pfaden, welche er mit seltenem Geschick und Glück bis ins innerste Heiligthum der Wissenschaft zu verfolgen wusste. Da er bei Feststellung des Thatbestandes und Begründung der ihm innewohnenden Gesetze auch alle Besonderheiten, Ausnahmen und Anlässe zu Einwürfen ebenso klar als gründlich berücksichtigte, haben sämmtliche spätere Beiträge oder Ausstellungen (Hermann, Budge etc.) nur dazu gedient, seinen Prachtbau von der thierischen Elektricität als immer gefestigter erscheinen zu lassen, und ihn selbst dann mit neuen Zierden auszustatten, wo ein Zweifel oder Tadel beabsichtigt war. Vielleicht wären letztere überhaupt nicht aufgetaucht, wenn nicht zwei Umstände bei aller Achtung vor der Forschungsmethode und ihren Erfolgen oder vielmehr gerade wegen des lebhaften Interesses, welches der wissenschaftliche Fortschritt an ihnen nehmen muss, als bedauerlich bezeichnet werden dürften. Einmal ist die Zugänglichkeit der betreffenden wissenschaftlichen Thatsachen mit ausserordentlichen Schwierigkeiten umgeben. Die Herstellung eines höchst empfindlich und sicher reagirenden Galvanometers, die Beseitigung jeder fremden Stromquelle, die Bekämpfung der Polarisationserscheinungen, die schonende Behandlung des Präparates, die Beachtung zahlreicher Nebenumstände verlangt soviel wissenschaftliche Kenntniss und Erfahrung, soviel Uebung und Hingabe an den Gegenstand, dass zwar, wenn man das Glück hat, Alles von den Händen des Meisters ausgeführt zu sehen, jeder Zweifel an der Objectivität der Phänomene und an ihrer richtigen Deutung verschwindet, dem Einzelnen aber die Nachahmung der Experimente äusserst schwierig fällt, nur selten mit jener Bestimmtheit gelingt, welche nicht fehlen darf, wenn man sich oder Andre von der Allgemeinheit verborgener unscheinbarer und doch für das organische Leben höchst wesentlicher Vorgänge überzeugen will, ja manchmal sogar zu abweichenden Resultaten führt, deren möglichst selbständige

Verwendung bei der grossen Wichtigkeit der Sache und der ihr von der gelehrten Welt geschenkten warmen Theilnahme wohl erklärlich, aber nicht immer nützlich ist. Die aus letzteren Anlässen erwachsenen Angriffe sind indess von dem Begründer der thierischen Elektricität nach jetzigem Begriff stets siegreich zurückgewiesen worden, und unsrem Bedenken selbst kann man entgegenhalten, dass die Natur überhaupt nicht liebt, ihre Geheimnisse zu beliebiger Kenntnissnahme auf dem Markte offen zu legen, und dass die Schwierigkeit ihrer Erforschung keinesfalls einen Grund gegen ihre Wahrheit bildet. —

In zweiter Linie kann man die eigenthümliche, auf den ersten Blick anscheinend beispiellose, selbst den aus den gewöhnlichen physikalischen Erfahrungen abgeleiteten Anschauungen widersprechende Anordnung elektrischer Ladungen und Strömungen befremdlich finden, welche unter den organischen Molecülen angenommen werden muss, um ihr in Frage stehendes Verhalten zu erklären. In der That! ebensowohl die Ausgangspunkte als die Bahnen der hypothetischen Molecularströme des Muskel- und Nervengewebes besitzen wenig von den charakteristischen Eigenschaften der Elektromotoren und der elektrischen Leiter, und ihre Differenzirung unter sich wie zur Umgebung ist nicht so ausgeprägt, um ohne Weiteres an polare Gegensätze und partielle Isolirungen denken zu lassen. Gänzlich ohne Analogie allerdings steht der Strömungsverlauf der thierischen Elektricität nicht da, denn die elektrischen Molecularströme, auf welche Ampère unter fast allseitigem Beifall den Magnetismus des Eisens zurückführte, fordern auch zum Verständniss ihrer Entstehung und räumlichen Beschränkung ein gewaltsames Losreissen von den bei Betrachtung der gröberen electrischen Processe angewöhnten Vorstellungen, ja sie befinden sich mitten in gut leitendem metallischen Material in noch schwierigerer Lage, die ihnen theoretisch vorgeschriebenen Grenzen der Bewegung und Wirksamkeit einzuhalten. — Man muss eben, wie es scheint, hier wie dort sich zur Annahme entschliessen, dass unter besonderen atomistischen Verhältnissen die Elektricität zu einer ähnlichen Beschränkung der Erscheinung und Thätigkeit gelangen kann, wie die allgemeine Schwere auf molecularem Schauplatz Cohäsion und Adhäsion, Diffusionen und Affinitäten begründet und leitet. Dabei bleibt das Wesen der Kraft unverändert, aber ihre Consequenzen erscheinen in eigenthümlichem materiellen Medium von ganz besondrer Art, welche bei Ermanglung klarer physikalischer Begründung von der früher allgemein und in dunklen Köpfen noch jetzt vorwaltenden Neigung einer phantastischen Mystik leicht zur selbständigen Würde eines Lebensprincipes emporgehoben wird. —

a. Erscheinung und Gesetz des Muskelstromes.

§. 243. An allen Muskeln kann beim Auflegen auf indifferente gleichartige Ableitungsbäusche aus feuchtem Filtrirpapier, welche den Strom durch eine dünne Schicht Salzwasser an die Platinenden des Multiplicatordrahtes abgeben, Elektricität nachgewiesen werden. Ob der unter Umständen allerdings auch ausbleibende oder verschwindend schwache Strom im Organe auf- oder absteigende Richtung hat, scheint auf den ersten Blick ganz zufällig, hängt indess von den Bedingungen ab, unter denen die Ströme von den Muskeln abgeleitet werden. Keinesfalls besteht jene angebliche Constanz der aufsteigenden Strömung, welche man vom Froschstrom abstrahirt hatte.

Prüft man indess mit grosser Sorgfalt jedes einzelne Muskelstück, so springt bald eine strenge Gesetzmässigkeit des elektrischen Verlaufes in die Augen, für deren sprachlichen Ausdruck eine Uebereinkunft hinsichtlich der Bezeichnung bestimmter Muskelpartien getroffen werden muss, welche jetzt nur noch im Sinne Dubois Reymond's möglich ist. Versteht man unter Querschnitt eine Flächenbegrenzung, welche nur Grundflächen der als Prismen oder Cylinder gedachten Muskelfibrillen enthält, so gilt die Sehne des Muskels als natürlicher Querschnitt, und wird unter Längsschnitt eine Flächenbegrenzung gemeint, in der bloss Seitenflächen jener Formelemente vorkommen, so repräsentirt das rothe Muskelfleisch, abgesehen von künstlich angelegten Durchschnitten, den natürlichen Längsschnitt, welchem selbstverständlich gleichfalls ein künstlicher substituirt werden kann. Unter dieser Voraussetzung erscheint das Gesetz der elektrischen Muskelströmung in folgender Gestalt:

α.

Wirksame Anordnung. — Wird ein beliebiger Punkt des natürlichen oder künstlichen Längsschnittes mit einem beliebigen Punkt des natürlichen oder künstlichen Querschnittes eines Muskels leitend, doch so verbunden, dass jegliche fremde Elektricitätsquelle ausgeschlossen ist, so zeigt eine in den unwirksamen Bogen eingeschaltete Stromprüfende Vorrichtung einen starken Strom an, welcher von dem Punkte des Längsschnittes in dem Bogen zu dem Punkte des Querschnittes läuft. — Dagegen erweisen sich als verhältnissmässig schwach die besonderen Ströme sowohl des Längs- als des Querschnittes. Zu den ersteren gelangt man, indem ein dem geometrisch mittleren Querschnitt des Cylinders, welchen der Muskel vorstellt, näher gelegener Punkt des natürlichen oder künstlichen Längsschnittes verbunden wird mit einem ferner von jenem Querschnitt gelegenen

Punkt des natürlichen oder künstlichen Längsschnittes des nämlichen Muskels. Der bei dieser Veranstaltung angezeigte Strom von geringer Intensität ist von dem vorher erwähnten zu dem in zweiter Linie beschriebenen (einem Endquerschnitt näheren) Punkte gerichtet. — Die schwachen Ströme des Querschnittes gewinnt man, wenn ein Punkt des natürlichen oder künstlichen Querschnittes mit einem andren Punkte desselben Querschnittes oder einem Punkte eines andren natürlichen oder künstlichen Querschnittes des nämlichen Muskels, welcher cylindrisch sei, unter der Voraussetzung verbunden wird, dass beide Punkte vom Centrum der Kreise, welche die senkrecht zur Cylinderachse gedachten Querschnitte darstellen, ungleich weit entfernt sind. Der Strom läuft dann vom mehr peripherisch gelegenen Punkte zum centraleren.

β.

Unwirksame Anordnung. — Die Stromprüfende Vorrichtung bleibt vollständig in Ruhe, wenn die beiden durch den unwirksamen leitenden Bogen verbundenen Punkte auf einem oder zweien natürlichen oder künstlichen Querschnitten gleichen Abstand vom Mittelpunkt oder auf dem natürlichen oder künstlichen Längsschnitt gleichen Abstand vom Aequator haben. —

§. 244. Um das Gesetz des Muskelstromes auch unter Benützung des Froschschenkels als Rheöscop nachzuweisen, gibt du Bois Reymond diese Vorschrift: „Man stellt sich an einem äusserst reizbaren Frosche den Gastrocnemius mit seinem Nervenstamme von den Lendenwirbeln ab völlig frei dar. Man fasst nun das freie Hirnende des Nerven mittels einer isolirenden Pincette an einem Bindegewebszipfel, den man ihm zu diesem Behuf absichtlich gelassen hat, beugt ihn an seiner Eintrittstelle in den Muskel gegen diesen um und lässt ihn seiner hinteren Fläche entlang dergestalt herabsinken, dass immer neue nach dem Hirnende des Nerven zu gelegene Punkte mit immer neuen nach dem Schwanzende des Muskels zu gelegenen Punkten in Berührung kommen. So lang nur das rothe Fleisch, der natürliche Längsschnitt berührt wird, bleibt Alles in Ruhe; Zuckung erfolgt hingegen, sobald der Nerv den Sehnenspiegel der Tendo Achillis, d. h. den mit einem unwirksamen leitenden Ueberzug bekleideten natürlichen Querschnitt des Muskels erreicht.“ —

§. 245. Hinsichtlich der relativen Stärke des immer durch Nebenschliessung von dem im Zustand der geschlossenen Kette verharrenden thierischen Erreger abgeleiteten Stromes lässt sich, wenn vorerst alle natürlichen oder künstlichen Veränderungen des Gewebes bei Seite gehalten werden, nur von den geometrischen Eigenschaften des Organes ein Einfluss erwarten. In der That ent-

wickelt in der Regel ein Muskel von grösserem Querschnitt einen stärkeren Strom, als ein solcher von geringerer Dicke, was am besten durch theilweise Compensation erkannt wird, indem man die Ströme der zu vergleichenden Muskeln einander entgegenlaufen lässt. — Auch der längere Muskel gibt unter sonst gleichen Umständen einen kräftigeren Strom, als ein kurzer.

Gattung und Art des Thieres scheint auf die Intensität der abgeleiteten Strömung wenig Einfluss zu haben. Wesentlich gleich erscheint sie wahrscheinlich an allen animalen Muskeln, welche der Prüfung unterworfen werden wollen oder können. Direct nachgewiesen ist bis jetzt die Muskularelektricität an: Regenwurm, Weinbergschnecke, Flusskrebs, Schleie, Wasser- und Erdmolch, Kröte, Laub-, Gras- und Wasser-Frosch, Blindschleiche, Ringelnatter, Eidechse, Schildkröte, Sperling, Taube, Hausmaus, Meerschweinchen, Kaninchen. — Am 20. Februar 1846 gelang dem glücklichen Forscher auch die erfolgreiche Prüfung menschlicher Muskeln eines in der Berliner Charité amputirten Beines. Der Tibialis anticus warf bei der wirksamen Anordnung die Nadel des Galvanometer heftig bis zur Hemmung, während abgeleitete Längsschnittpunkte sie auf Null liessen, die Prüfung künstlicher Querschnitte indess nicht ganz befriedigende Resultate ergab.

b. Die negative Stromschwankung.

§. 246 Vom höchsten Interesse muss die vergleichende elektrische Prüfung ruhender und thätiger Muskeln sein, denn wenn auch der Hauptfactor der hierin auftretenden Differenz nicht in der Mitwirkung der Elektricität gefunden werden will, ist ihr doch die Bedeutung einer wesentlichen Eigenschaft jener Organe nicht abzusprechen, in deren Mechanismus vielleicht eine nähere Einsicht gewonnen werden kann, wenn mit der Function in Zusammenhang stehende Modificationen der elektrischen Ladung oder Strömung erkenntlich würden.

Matteucci fand nun in dieser Hinsicht, dass im Tetanus, welchen man wohl als die intensivste Contractionsleistung der betroffenen Muskeln betrachten darf, der Froschstrom verschwinde. Dubois Reymond, den Gastrocnemius des Frosches vom Nerven aus tetanisirend und mittels der Compensationsmethode elektrisch prüfend, sah dies zwar nicht in vollem Maasse bestätigt, doch immerhin eine merkliche Intensitätsabnahme des Stromes, von welcher er zugleich nachwies, dass sie nicht durch einen, während der Muskelzusammenziehung hereinbrechenden, der Normalströmung entgegengesetzt laufenden, sie also nach einfacher elektrischer Compensation schwächenden Strom veranlasst sei. — Diese für die theoretische

Auffassung der negativen Stromschwankung sehr wichtige Ausschliessung secundärer Ursachen führte der bewährte Forscher später genauer und mit Einbezug aller denkbaren Eventualitäten aus.

§. 247. Die Erscheinung selbst, welcher eine ausnehmende physiologische Wichtigkeit zuzuschreiben ist, wird am einfachsten dargestellt, indem man zuvörderst einen Frosch-Gastrocnemius mit wohl erhaltenem Nerv in gewöhnlichem ruhenden Zustand prüft, dann, nachdem eine bleibende Nadelablenkung von etwa 20⁰ erzielt ist, den vorsichtig abgehobenen Muskelnerven auf die Platinzuleiter eines Inductionsapparats legt, und diesen in, jene Organe tetanisirende, Thätigkeit setzt. Sofort schlägt die Nadel durch den Nullpunkt oft bis zu 50⁰ des negativen Quadranten hinüber, oscillirt darauf in diesem um eine geringere Gleichgewichtslage und kehrt erst bei erlahmendem Tetanus in den positiven zurück.

Man könnte zunächst daran denken, dass der tetanisirende Strom in den Galvanometerdraht eingebrochen sei. Der umsichtige Forscher beseitigt aber diese, in der That physikalisch oberflächliche, Vermuthung über die Ursache des Nadelrückschwunges durch den Hinweis darauf, dass die alternirenden Inductionsströme statt eines negativen Ausschlages nur eine sogenannte doppelsinnige Ablenkung zur Folge haben könnten, welche die schon vorhandene Abweichung eher verstärken müsste. Ueberdies genügt die Unterbindung des Nerven, um mit dem Tetanus auch den Rückschwung aufzuhalten, während doch die elektrische Leitsamkeit fortbesteht. Auch vermindert sich letzterer mit der schwächeren tetanischen Reaction eines ermattenden Präparates, und erscheint dagegen vollkommen ausgebildet, wenn von einer unmittelbaren elektrischen Erregung des Prüfungsinstrumentes gar nicht die Rede sein kann, weil die Tetanisirung auf thermischem, mechanischem oder chemischem Wege geschieht.

Eine Vergrösserung des Widerstandes im Multiplicatorkreis durch allenfallsige Lagenveränderung des gereizten Präparates auf den Zuleitungsbäuschen kann hier auch nicht mitspielen, denn diese durchaus secundäre und äusserliche Modification der Verhältnisse müsste nach aller Wahrscheinlichkeit auch zuweilen in entgegengesetztem Sinne sich geltend machen, worüber jede Beobachtung fehlt. — Die in Betracht gezogene Lageveränderung des Muskels kann zudem als verdächtige Störungsursache eliminirt werden, indem man denselben zwischen zwei festen Punkten so einspannt, dass er auch im heftigsten Reizungszustand weder Lage noch Form wechseln kann. Allerdings verlieren solch gewaltsam gedehnte Muskeln bald unter verschiedenen geweblichen Alterationen ihre Leistungs-

fähigkeit, aber rechtzeitig geprüft, geben sie zu dem nämlichen Nadelrückschwung Anlass, wie wenn sie sich unter dem tetanisirenden Einfluss wirklich contrahirt hätten.

Auch bei vollständiger Constanz der Lage, Gestalt und Grösse des Muskels könnten natürlich innere Vorgänge beim Tetanus in unsrer Frage mitwirken, sofern sie etwa den eigenthümlichen Widerstand des Gewebes änderten. Es hat sich allerdings, vornehmlich durch thermoelektrische Prüfung herausgestellt, dass mit der Zusammenziehung des Muskels sein eigenthümlicher Widerstand ein wenig vermindert wird, vielleicht wegen einer schwachen Verdichtung des contrahirten Gewebes, aber ob dieser Einfluss in der Stromabnahme des tetanisirten Muskels sich merklich machen kann, ist schon wegen der Geringfügigkeit desselben zweifelhaft. Ueberdies hätte eine Widerstandsverminderung auf der muskularen Strecke, welche der zur Prüfung in den Multiplicator abgeleitete Strom vor dem Uebertritt auf die Bäusche durchlaufen muss, eine mit dem thatsächlichen Nadelrückschwung in directem Gegensatz stehende Verstärkung zur Folge, welche, wenn wirklich eintretend, zu schwach ist, um neben dem Hauptresultat aufzukommen.

Endlich betheiligt sich an der Erscheinung der negativen Stromschwankung auch kein mit der Contraction im Muskel hervorgebrachter absteigender Strom, weil sonst je nach den besondren Umständen des Versuches bald Abnahme, bald Zunahme des Stromes im Tetanus zu erwarten wäre. Der Nerv eines Oberschenkelmuskels tritt nah bei der Mitte seiner Länge ein; die obere Hälfte desselben und der zugehörige Muskel kann also leicht so zur elektrischen Prüfung angewendet werden, dass der abgeleitete Strom eine absteigende Richtung verfolgt, also von jener hypothetischen Mitaction im Tetanus verstärkt würde. Aber auch jetzt, wie unter allen Modalitäten der Beobachtung, tritt im entscheidenden Moment der charakteristische Rückschwung der Nadel ein.

§. 248. Es bleibt also wohl nichts übrig, als zuzugeben, dass der bei Beginn des Tetanus anscheinend den Galvanometerdraht treffende Strom von einer dem gewöhnlichen Muskelstrom entgegengesetzten Richtung einer theilweisen Aufhebung des letzteren oder den hiebei befreiten Ladungen sein Dasein verdankt. Da nämlich jeder elektrische Strom eine seiner eigenen Stärke entsprechende Polarisation hervorbringt, wird bei Abnahme von jener ein Theil der in letzterer gegebenen Kräfte frei und im Bunde mit dem wohl nirgend völlig eliminirten Erdmagnetismus zur negativen Ablenkung der Nadel fähig. — Uebrigens bietet das wahre Verhalten des Muskelstromes bei seiner contractiven Verminderung der Forschung noch so viele Schwierigkeiten, dass nur Dubois Reymond

zu deren Bekämpfung fähig war. Vor Allem wünschenswerth war die Entscheidung, ob bloss eine Abnahme oder eine wirkliche Umkehr des natürlichen Muskelstromes stattfinde. Im zweiten Falle dürfte man vom tetanisirten Muskel directe Anzeichen der entgegengesetzten Strömung erwarten, wenn bloss im Moment der Contraction die mit dem Prüfungsapparat verbundene Kette geschlossen wird. Bei den in diesem Sinn ausgeführten Versuchen Dubois Reymond's musste der Muskel bei seiner Zusammenziehung ein Gewicht heben, das schwer genug war, ihn gleich darauf wieder auszudehnen, und einen Winkelhebel so drehen, dass dessen senkrechter Arm den Anschlag verlässt, der horizontale aber in ein Quecksilbergefäss eintaucht und dadurch den Strom schliesst, welcher durch den oben erwähnten Gewichtzug und die damit verbundene entgegengesetzte Hebelverstellung wieder geöffnet wird. Es war indess nicht möglich, in den abwechselnden Eintritt beider Momente eine solche Präcision zu bringen, um etwas Anderes, als das gewöhnliche Symptom des Normalstromes zu erhalten. — Der unermüdliche Forscher griff sofort zu einer andren Methode für die Behandlung dieser ebenso wichtigen, als heiklen Frage, indem er in die Inductionsbatterie und in die Muskelkette beziehungsweise ein festes und ein bewegliches Zackenrad mit aufschleifenden Messingfedern einschaltete. Bei Drehung der gemeinsamen Achse der Räder verfällt der Muskel zahlreichen Zuckungen, deren Folgeraschheit von der Rotationsgeschwindigkeit abhängt. In analoger Periodicität wird mittels des zweiten Zackenrades die zur Prüfung ihres elektrischen Zustandes abgeleitete Muskelkette geschlossen und geöffnet, wobei wegen der Verstellbarkeit dieser Scheibe der Muskel jederzeit vor, während oder nach seiner inductiven Reizung untersucht werden konnte. Es zeigte sich jedoch auch mit diesem sinnreichen und empfindlichen Apparat nicht die geringste Spur von absteigender Stromrichtung, und als positives Resultat nur eine Verstärkung der während der Drehung schwach erscheinenden Wirkung, wenn die Inductionsvorrichtung ausgeschaltet ward. —

Man kann demgemäs zur Zeit nicht entscheiden, wie weit sich die im Augenblick der muscularen Contraction eintretende negative Schwankung der elektrischen Ladung herab erstreckt, und nur als wahrscheinlich hinstellen, dass dies kaum tief genug geschieht, um statt der an sich zweifellosen Schwächung eine wirkliche Umkehr des natürlichen Muskelstromes annehmen zu dürfen.

c. Der Muskelstrom unter verschiedenen Einflüssen.

§. 249. Gedehnte Muskeln geben schwächere Ströme, als erschlaffte. — Das genauere Studium dieser Erscheinung zeigt, dass in dem Augenblick, da man den Muskel ausdehnt, die Nadel durch

Null in den negativen Quadranten übergeht, darauf zurückkehrt und sich unter der ursprünglichen, dem gewöhnlichen Muskelstrom entsprechenden Ablenkung einstellt; lässt man mit der Spannung nach, so erfolgt ein Ausschlag im Sinne der normalen Ladung, durch welche eine beständige Ablenkung von grösserem Werthe, als während der Streckung wiederhergestellt wird.

Bei gewaltsamer Zusammendrückung des Muskels, sowohl in der Richtung der Fasern, als senkrecht darauf sieht man in der Regel seinen Strom abnehmen, welche Wirkung der Compression bei öfterer Wiederholung derselben sicherer und beträchtlicher wird. Zuweilen bleibt jedoch der Effect aus und manchmal ruft unter anscheinend gleichen Umständen die Pressung des Muskels eine Vermehrung seines Stromes hervor.

Starke elektrische Entladungen, welche die Muskulatur treffen, schwächen die Reizbarkeit derselben im Allgemeinen und ihren elektrischen Zustand insbesondre so rasch und bedeutend, dass Gastrocnemien mit 33 — 54° Ausschlag nach längerer vollständiger Tetanisirung jedes Stromzeichen verweigern.

In höherer Temperatur wird die Reizbarkeit und der Strom der Muskulatur bald und gründlich zerstört. Momentanes Eintauchen der Muskeln in siedendes Wasser pflegt indess ihre Stromrichtung in die entgegengesetzte zu verwandeln. — Kälte, ungefähr von — 5 bis 6° C. an abwärts wirkt ebenso, wie extreme Hitze.

Kurzer Aufenthalt der Präparate in Gasen, wie: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Stickstoffoxyd ist von unmerklichem Einfluss auf den Muskelstrom. Ebenso die augenblickliche Entziehung der atmosphärischen Luft. — Bei längerer Dauer der letzterwähnten Einflüsse ist natürlich eine molekulare Umgestaltung der betroffenen Gewebe zu gewärtigen, wodurch der Thatbestand zu complicirt wird, um eine allgemeine Behandlung zu gestatten.

Von toxischen Einwirkungen ist diejenige des Strychnin am besten bekannt. In den durch dasselbe hervorgerufenen Krämpfen geht die Reizbarkeit des Muskelgewebes so rapid und vollkommen verloren, dass die Todtenstarre achtmal früher, als unter gewöhnlichen Umständen eintritt und ebensoviel mal schneller die letzten Spuren der Elektricität verschwinden. — Narkotische Gifte sind bei unmittelbarer Application auf das Muskelgewebe von geringem Einfluss, ätzende Stoffe dagegen vernichten oder schwächen den Strom.

In erkrankten Muskeln ist in der Regel die elektrische Strömung vermindert.

Nach dem Tode des Thieres oder der Abtrennung des Muskels vom Körper ist der Muskelstrom in fortwährender Abnahme begriffen, und verschwindet endlich ganz, wobei in den letzten Stadien seines Bestandes sich oft plötzlich ohne ersichtlichen Anlass seine

Richtung umkehrt. Die natürliche *Grenze des Muskelstromes* ist die *Todtenstarre*, wonach also die *Muskelelektricität* durchaus an die Bedingungen des *lebendigen* Gewebes gebunden ist, nach deren wirklicher Vernichtung der Strom nie mehr zurückkehrt. *Vassalli-Eandi's Vitalitometer*, welches er auf Grund der Erfahrung für möglich hält, dass an Krankheiten gestorbene Thiere der galvanischen Zuckungen unfähig sind, und von dem er die Idee hegt, es möge vielleicht dazu dienen, unheilbare Krankheiten von heilbaren dadurch zu unterscheiden, dass es den gänzlichen Mangel an thierischer Elektricität in Geschöpfen anzeige, deren Organisation bis zur Unmöglichkeit der Wiedergenesung zerrüttet sei, erscheint jetzt durch die klarere und bestimmtere wissenschaftliche Erkenntniss auf seine wahre, wenn auch praktisch wohl nie verwerthete, doch theoretisch keineswegs absurde, freilich modificirte Bedeutung zurückgeführt.

d. Theorie der Muskelelektricität.

§. 250. Für das tiefere Verständniss der besprochenen Erscheinungen ist unerlässlich, sich eine bestimmte Vorstellung zu verschaffen über die *Anordnung der elektrisch ungleichartigen Formelemente* eines Organes, dessen gewöhnliche anatomische Untersuchung der Physik keine Anhaltpunkte zur Ableitung elektrischer Ströme gewährt. Schliesslich müsste allerdings die letztere, vom Mikroskop und der chemischen Charakteristik unterstützt das materielle Substrat jener Vorstellung liefern, welche bis dahin nur den Werth eines *physikalischen Schema* beanspruchen darf. Schon mit Gewinnung dieses ist indess viel gethan, wenn nicht leere Speculation, sondern die exacte Deutung reeller Erfahrungen dazu führt, weil dadurch der Zusammenhang vielfach vereinzelter Erscheinungen vermittelt und so wenigstens formal die Erkenntniss gefördert wird. — Es kommt offenbar darauf an, bei der elektrischen Prüfung vom Gesammtmuskel in das Innere dringend bis zu dessen thunlichst feinen, wo möglich wirklich primitiven Bestandtheilen zurückzugehen, um zu sehen, ob auch an diesen noch das *Strömungsgesetz* sich bestätigt, in welchem Fall dasselbe voraussichtlich in der *atomistischen Uranlage des Muskelgewebe* begründet ist. — Diesen Weg hat bis jetzt in vollem Bewusstsein der Ausgangspunkte, der Schwierigkeiten im Verlauf und des Endzieles einzig *du Bois-Reymond* beschritten.

Er überzeugte sich, dass der elektrische *Strom* im *Primitiv-Muskelbündel* selbst seine Entstehung findet, und zwar nicht so, als ob etwa einfach dessen Inneres negativ, die Hülle positiv wäre, welch letztere vielmehr die passive Rolle eines unwirksamen Leiters spielt, sondern derartig, dass in der *molekularen Architektonik*

des Muskelgewebes selbst die Stromquelle liegt. Darüber ist nun zuvörderst eine Hypothese aufgestellt worden, während Alles, was zu dieser hinleitet, durchaus ins Gebiet der empirischen Thatsachen fällt. Ueber dieselbe sagt der oft genannte tüchtigste Gewährsmann unsrer Angelegenheit:

„Wir gerathen physikalisch zunächst auf die Vorstellung des Muskelinnren als zusammengesetzt aus unzählig vielen äusserst dünnen Cylindern oder Prismen mit positivem Mantel und negativem Kern. Aber indem wir uns der Verpflichtung entledigten, das Zustandekommen der Ströme des Querschnitts am Gesammtmuskel aus dem Zusammenwirken der einfachen Muskelbündel zu erklären, ward uns zugleich die Einsicht in die Möglichkeit, an die Stelle derselben in dem Muskelbündel und somit an die Stelle dieses Gesammtmuskels eine unbegrenzte Anzahl elektromotorischer Elemente treten zu lassen, welche nach allen drei Ausmessungen gegen den Gesammtmuskel verschwinden, und deren Form und manche Einzelheiten in der Anordnung wir als völlig gleichgiltig erkannten. Nur eine Bedingung sollen diese Elemente erfüllen: dass sie sämmtlich zwei negative Polar- und eine positive Aequatorialzone besitzen und dass die beide Pole verbindenden Achsen aller einander und der Achse des Muskelbündel parallel sind.“

Hiemit ist die elektromotorische Begabung in letzte Massentheilchen verlegt, welche sämmtlich im Sinne des Muskelstromgesetzes wirken. Die Anordnung dieser elektromotorischen Muskelmolekel wird als „peripolare“ bezeichnet. —

§. 251. Die peripolare Architektonik der Muskelelemente ist indess keineswegs wesentlich und unabänderbar, vielmehr oft während vollkommener Integrität der Organe nur spurweise und mit localen Modificationen nachweislich, und zu jeder Zeit fähig, durch bestimmte Einflüsse in andre Formen überzugehen, unter denen namentlich eine, die „dipolare“, welche einem mit den Flächen zusammengelötheten Plattenpaar mit einfachem positiven und negativen Pol verglichen werden kann, eine wichtige Rolle spielt. Die momentan eintretende negative Schwankung des Muskelstromes ist die Thatsache, welche unwiderstehlich zu letzterer Anschauung drängt. Ein aus zwei dipolaren zusammengesetzt gedachtes peripolares Element kann durch Willensaction oder elektrischen Einfluss leicht eine veränderte Anordnung annehmen, bei welcher die Stromwirkung nach Aussen vernichtet, oder selbst umgekehrt, aber auch in geringerer Stärke erhalten werden kann, wenn jene molekulare Umlagerung im thätigen oder gereizten Muskel nicht alle seine elektrischen Elemente trifft, oder nicht an sämmtlichen in radicaler Vollständigkeit ausgeführt wird.

E. Die Elektricität der Nerven.

a. Der Nervenstrom,

§. 252. Unter Beibehaltung der am *Muskel* festgestellten Bedeutung von *natürlichem* oder *künstlichem Längs-* und *Querschnitt* finden wir am ausgeschnittenen, noch frischen *Nerven* ein dem *Muskelstrom* durchweg analoges *elektrisches Verhalten*.

Der Ausschlag der Multiplicatornadel ergibt einen *Strom*, welcher von einem beliebigen abgeleiteten Punkte des *Längsschnittes* durch den Draht zum *Querschnitt* des *Nerven* verläuft. Wird beiderseits auf die Prüfungsbäusche *künstlicher Querschnitt* aufgelegt, so bleibt allerdings nur selten und bei besonderer Sorgfalt des Versuches das theoretisch erwartete elektrische Gleichgewicht gesichert, vielmehr tritt meistens eine schwache Ablenkung der Galvanometernadel ein, aber an Grösse und Richtung so unbestimmt, ja anscheinend willkürlich, dass man sie auf zufällige, rein äussere Ungleichartigkeiten zurückführen muss.

Den *natürlichen Querschnitt* des Nerven kann man aus anatomischen Gründen nicht blosslegen und verschiedene Punkte des künstlichen wegen zu geringer Dicke des Fadens nicht prüfen. Different Punkte des *Längsschnittes* aber lassen sich ableiten und führen dann ganz zu dem bekannten Resultat der *schwachen Anordnung*. Die stets geringen Ausschläge sind nämlich im Allgemeinen so gerichtet, dass die Punkte, welche dem Aequator des aufgelegten Nervenstückes näher liegen, positiv erscheinen gegen die den Endgrundflächen oder Querschnitten näher gerückten Punkte. Symmetrisch auf der Längsdimension des Nervencylinder gelegene Punkte lassen dagegen die Nadel in Ruhe.

§. 253. Das *elektromotorische* Verhalten der vorderen und hinteren *Rückenmarkwurzeln*, der *motorischen* und *sensiblen* Nerven bietet nicht die geringste Verschiedenheit dar. Von den *Sinnesnerven* zeigte wenigstens der opticus ein ganz reguläres Verhalten. Bemerkenswerth ist aus den hierauf bezüglichen Versuchen, dass, als einerseits der Querschnitt des mit dem Augapfel noch in natürlicher Verbindung stehenden Sehnerven, anderseits eine Stelle der intacten Hornhaut abgeleitet wurde, letztere, überhaupt die ganze von allen Muskelspuren befreite äussere Fläche des Auges sich positiv gegen jenen verhielt. Es konnte daraus geschlossen werden, „dass entweder in der Netzhaut keine freien Nervenendigungen vorhanden sind, oder dass dieselben, wenn es wirklich dergleichen gibt, sich wenigstens nicht wie die freien Enden der einfachen Muskel-

bündel negativ gleich künstlichen Querschnitten verhalten." Der umsichtige Forscher vergass indess nicht, dass der in der Nervenhaut vorausgesetzte natürliche Querschnitt der Hirnfasern sich gegen den künstlichen Querschnitt schwach positiv verhalten könne, prüfte daher Hornhaut und natürlichen Längsschnitt des Sehnerv auf ihr gegenseitiges Verhalten, fand hiebei stets einen lebhaften Strom im Nerven nach dem Auge zu, und entschied sich deshalb für die zweite Alternative. Nur scheint mir, dass nach diesem gelungenen Versuch der retinale natürliche Nervenquerschnitt statt schwach stark positiv angenommen werden müsste, weil er es bei der besagten internen Stromrichtung nach Aussen hin gegen den doch sonst das positivelektrische Extrem bildenden Längsschnitt wäre. Da bei der gewandten Sicherheit des Experimentator an muskulare Verunreinigungen des Präparates nicht zu denken ist, darf vielleicht den inneren Geweben und Flüssigkeiten des Augapfel eine das elektrische Resultat complicirende Betheiligung zugeschrieben werden.

Ein Querschnitt des Rückenmarkes und eine an beliebiger Stelle des Gehirnes angelegte Schnittfläche verhalten sich negativ gegen jeden Punkt des natürlichen Längsschnittes vom ersteren oder der Aussenfläche des letzteren. Zwei Querschnitte des Rückenmarkes sind gegeneinander wirkungslos oder geben ganz unregelmässige Effecte, welche in zufälligen Anlässen begründet sind.

Der Querschnitt eines Ganglion am Bauchstrang des Krebses erschien der Norm entsprechend deutlich negativ gegen den natürlichen Nervenlängsschnitt.

Ausser an diesem Thier und dem das gewöhnliche Opfer derartiger Untersuchungen bildenden Wasser-, Gras- oder Laubfrosch wurde die gesetzmässige Gegenwart des Nervenstromes constatirt an: Mensch, Kaninchen, Meerschweinchen, Hausmaus, Taube, Schildkröte, Eidechse, Erdmolch, Schleie.

§. 254. Die elektromotorische Fähigkeit der Nerven verschwindet mit deren allmählichem Absterben sehr rasch, so dass Schwäche und momentane Richtungsumkehr der Ausschläge eintritt. Stellt man rechtzeitig einen neuen Querschnitt her, so erfährt selbst der fast schon erloschene Strom eine neue vorübergehende Belebung. Nervöse Centralorgane, die gemischten Nervenstämme warmblutiger Thiere, vom Frosch wenigstens opticus und Nervenwurzeln zeigen bei längerer Manipulation sehr gern die freiwillige Umkehr des Stromes, welche elektromechanische Erscheinung auf eine molekulare Umgestaltung der kleinsten Theile des thierischen Erreger deutet. — Elektromotorische Leistungsfähigkeit und Zuckungseinfluss des Nerven auf den Muskel sinken mit dem Absterben ziemlich gleichmässig, doch pflegt jene ein wenig über diese auszudauern.

Ihr gemeinsames Ende, ohne Möglichkeit der Wiederbelebung, finden sie vermuthlich, sobald jene Veränderung des Inhaltes der Nervenröhren eingetreten ist, welche als eine Gerinnung der halbflüssigen Substanzen erscheint und auch in den Centraltheilen bald nach dem Tode erfolgt. Im Verhältniss zur ganzen Zeit der Wirksamkeit nach dem Tode dauert die elektromotorische Thätigkeit der thierischen Erreger um so länger, oder nimmt einen um so grösseren Bruchtheil der Gesammtperiode ein, je zarter die stromentwickelnden Gewebe sind. Obwohl hiemit eigentlich gesagt scheint, dass ein an den letzteren zweifellos früher eintretender molekularer Zerfall der elektromotorischen Wirksamkeit verhältnissmässig wenig schadet, soll doch damit dieser während des Lebens eine wesentliche und wichtige Rolle unter den Bedingungen der organischen Thätigkeit nicht abgesprochen werden. — Mit der *Lebensfülle* der Thiere steigt und fällt die Stärke des Stromes. Allgemeine *Intoxicationen* haben wenig Einfluss auf ihn, directes Baden des Nerven in Lösungen narkotischer Gifte vernichtet jedoch denselben sehr rasch, noch gewaltsamer wirken Aetzmittel, auffallend schwach und langsam dagegen mehr oder weniger concentrirte Lösungen arseniger Säure. *Siedhitze* des Wassers schwächt bei momentanem Einfluss den Strom, kehrt ihn auch manchmal um und hebt ihn bei längerer Einwirkungsdauer ganz auf. Dieselben Folgen haben oft wiederholte *elektrische Schläge*, welche durch den Nerven geleitet werden. Unter der Glocke der *Luftpumpe* blieb der Strom bei allen Modificationen des Versuches unverändert.

Unter sonst gleichen Umständen entwickelt der *längere* Nerv stets einen *stärkeren* Strom. Hinsichtlich des *Querschnittes* zeigt sich eine Ueberlegenheit des dickeren Nervenstückes, wie denn auch das Rückenmark in Vergleich zum ischiadicus einen viel kräftigeren Strom liefert.

Das *Gesetz des Nervenstromes* müsste ebenso formulirt werden, wie für den *Muskel*, und auch die hypothetische *Molekulararchitektonik* darf von diesem auf den *Nerven* übertragen werden.

b. Der Elektrotonus.

§. 255. Zu besonders wichtigen Resultaten führt die Stromprüfung eines abgeleiteten Nervenstückes, während gleichzeitig eine damit zusammenhängende Partie desselben von künstlichen elektrischen Reizen unter solcher Veranstaltung des Versuches betroffen wird, dass letztere keinen directen Einfluss auf das Galvanometer gewinnen können.

Im Augenblick, da du *Bois-Reymond* den Kreis der Kette

durch den Nerven schloss, was bei aufliegendem und die Nadel in beständiger Ablenkung haltendem Nerven in einem der Quecksilbergefässe des Stromwenders metallisch geschehen muss, erlitt der Strom des Nerven eine beträchtliche Abänderung seiner Grösse und zwar nach folgendem Gesetz: Hat der Strom der Kette in dem Nerven gleiche Richtung mit dem Nervenstrom in dem Stücke Nerv, welches in dem Multiplicatorkreise begriffen ist, so findet anscheinend Vergrösserung des Nervenstromes statt, dagegen Verkleinerung desselben, wenn beide Ströme in dem Nerven die entgegengesetzte Richtung haben.

Den hiemit angedeuteten Veränderungszustand der elektromotorischen Nervenkräfte, hervorgebracht vom erregenden Strom, nennt du Bois-Reymond den Elektrotonus, wohl in Erinnerung an die gleichnamige Bezeichnung, welche Faraday auf das Zwischenverhalten der zu inducirten Strömen verwendeten Drähte bezog. Von der Strecke eines im elektrotonischen Zustand befindlichen Nerven, welche Vermehrung des ursprünglichen Stromes zeigt, kann man sagen, sie sei in der positiven Phase begriffen, dagegen die Strecke, auf der Verminderung des Nervenstromes eintritt, in der negativen. — Auch wird die Verstärkung des Nervenstromes, auf der Seite des positiven Poles oder der Anode gelegen, Anelektrotonus, die Schwächung desselben bei der Kathode als Katelektrotonus bezeichnet. Es zeigt sich bei eingehender Prüfung der hier vorliegenden Zustände unter vornehmlicher Berücksichtigung der nervösen Reizbarkeit, dass die anelektrotonische Nervenstrecke in verminderter, die katelektrotonische in erhöhter Erregungsfähigkeit sich befindet, während in Mitte ein neutraler Punkt unveränderter Erregbarkeit liegt, dessen Lage indess mit der Stromstärke variabel ist, indem er mit Zunahme der letzteren der negativen Elektrode näher rückt; mit dieser ändert sich auch die Erstreckung der elektrotonischen Modification der Erregbarkeit; für schwache Ströme ist nämlich die Strecke des extrapolaren Anelektrotonus, für starke diejenige des extrapolaren Katelektrotonus verhältnissmässig länger. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reize ist im ganzen Bereich des Elektrotonus verkleinert, namentlich in der Nähe der Elektroden (v. Bezold), womit im Zusammenhang steht, dass vom Einbruch eines constanten Stromes in den Nerven eine Vorbereitungszeit bis zur Erregungsreaction vergeht, (von Helmholtz allgemein schon 1850 constatirt und gemessen mittels des elektrischen Chronoskopes nach Pouillet's Methode) und dass die Schliessungsreizung nur an der Kathode stattfindet. — In molekularmechanischem Sinne schreibt Wundt dem Anelektrotonus eine Vermehrung der molekularen Hemmungskräfte, dem Katelektrotonus eine Vermehrung der molekularen Spannungskräfte zu, indem er die Mole-

kularbewegung der Reizreaction auf eine Störung des dem ruhenden Nerven eigenthümlichen Gleichgewichtes der unter den Atomen bestehenden Spannung und Hemmung zurückführt. Ich verfolge diese Fragen hier nicht weiter, weil einerseits mit ihnen ein überwiegend physiologisches, auch durch Pflüger's Untersuchungen gefördertes, Interesse verknüpft ist, anderseits die physikalische Bedeutung des Elektrotonus unten besonders besprochen wird. —

§. 256. Es entstand jetzt zunächst die Frage, ob unter solchen Umständen gleichzeitig auf allen Punkten der ganzen Länge des Nerven sein Strom bezichlich des äusseren elektrischen Einflusses anschwillt, verschwindet, sich umkehrt oder ob nicht vielmehr an beiden Enden des Nerven die zwei entgegengesetzten elektrotonischen Phasen als complementär eintreten. Der Versuch zeigt, dass Letzteres der Fall ist. Es ist nämlich ganz gleichgiltig, welches Nervenende beziehungsweise abgeleitet oder erregt wird. Fände nun die erste der obigen Alternativen statt, so gäbe es immer ein Ende des Nerven, für welches der Widerspruch der Strömungsrichtungen die positive, ihre Uebereinstimmung die negative Phase hervorlockten, während doch stets das Umgekehrte beobachtet wird, wie es der Fall sein muss, wenn das elektrische Verhalten beim Elektrotonus nach dem Schema der Fig. 23.

Fig. 23.

statthat, worin ab die durch den directen elektrischen Reiz elektrotonisirte, c die in positiver, d die in negativer Elektrotonusphase befindliche Nervenstrecke, l und q die Ableitungen des Längs- und Querschnittes bedeutet. Offenbar müsste, wenn nach der ersteren Hypothese der ganze Nerv unter gegebenem elektrotonischen Einfluss Stromschwächung zeigte, auf der Strecke c die negative Phase einer Uebereinstimmung der Stromrichtungen entstammen, während, wenn der etwa an c geprüfte Zustand auf den ganzen Nerven übertragen werden wollte, bei d die entgegengesetzte Richtung des künstlichen und natürlichen Stromes zur positiven Phase führen würde, was eben gleich dem Vorigen dem mit dem Schema allzeit und überall übereinstimmenden empirischen Befund widerspricht.

§. 257. Der Elektrotonus gibt sich auch am Längsschnitt und

mit nicht geringerer Stärke kund, als zwischen Längs- und Querschnitt. Hiebei ist stets die eine Hälfte des Nerven in der positiven, die andre in der negativen Phase begriffen, deren Grenzlinie der jeweilige elektromotorische Aequator ist.

§. 258. Ob der Nervenstrom im Elektrotonus wirklich vermehrt oder vermindert ist, erscheint nicht in dem Grade zweifellos, dass man den vielleicht etwas zu bestimmt formulirten Ausdruck dahin interpretiren dürfte, als hätten die Molekel der in der positiven Phase befindlichen Nervenabtheilung vom gleichsinnigen erregenden Strom ohne namhafte Alteration der Anordnung einen wirklichen Kräftezuwachs erhalten, hingegen in der negativen Phase einen Verlust der elektromotorischen Thätigkeit, möglicher Weise bis zu völliger Umkehr ihres Sinnes erlitten. Eine genauere Erwägung der Verhältnisse zeigt vielmehr, dass derartige Modificationen des elektrischen Nervenzustandes die empirisch constatirten Folgen gar nicht hätten. In der That wäre auch undenkbar, wie unter dem nämlichen (entfernten) Einfluss der eine rein ideale Linie bildende Aequator Abschnitte eines Organes mit plötzlich eintretender völlig conträrer molekularmechanischer Architektonik oder deren nächsten physikalischen Folgen scheiden sollte. Selbst wenn man jene Vorstellung dahin verbessern wollte, die Vermehrung der elektrischen Molekularkraft nehme stetig ab bis zum elektromotorischen Aequator, wo sie Null sei, um dann in eine gegen das Ende der in negativer Phase begriffenen Nervenhälfte hin wachsende Verminderung umzuschlagen, käme man mit den Thatsachen in Widerspruch, da unter solcher Voraussetzung bei symmetrischer Stellung der Fusspunkte des Ableitungsbogens zum Aequator der durch den Elektrotonus im Bogen gesetzte Strom die umgekehrte Richtung von der wirklich beobachteten haben müsste. Zu Gunsten der Hypothese sollte nämlich allemal ein Strom von der in der positiven Phase verharrenden Nervenhälfte zu der in der negativen befindlichen verlaufen, weil nur so die jenseitige Verstärkung und die diesseitige Schwächung der elektrischen Ladung zum Ausdruck gelangte, während nachweislich die Wirkungen beim Eintritt des elektrotonischen Zustandes ihr Zeichen auf dem ganzen Längsschnitt niemals umkehren.

Viel klarer gestaltet sich die Sache durch die Ableitung sowohl der Zunahme des Stromes in der einen, als seiner Abnahme auf der andren Hälfte des Nerven aus einem beiden Strömen algebraisch summirbar widerfahrenden Zuwachs von gleicher absoluter Richtung, welche im Nerven mit der in der positiv elektrotonischen Strecke herrschenden Strömung übereinstimmt. In der That! wenn der elektromotorische Aequator die beständige Spannweite des Ableitungsbogen halbirt, entsteht in diesem ein Strom in der Richtung von der in der negativen Phase begriffenen zu der in der positiven

befindlichen Nervenhälfte, welcher also in dem Nerven gerade denjenigen Verlauf hat, den der Zuwachs nach der zuletzt aufgestellten Hypothese haben soll. Ueberhaupt nach allen sonstigen Proben ist jener Zuwachs an sämmtlichen Stellen des Nerven dem erregenden Strome selbst gleich gerichtet, was zur Annahme hindrängt, dass der Nerv, sobald irgend eine Strecke seiner Länge von einem elektrischen Strom betroffen wird, neben seiner gewöhnlichen Stromentwicklung sofort auf allen seinen Punkten anfängt, elektromotorisch im Sinne des erregenden Stromes zu wirken. — Nachdem mit dieser Anschauung der Vortheil errungen ward, dass es nicht nöthig ist, in der positiven und negativen Phase des Elektrotonus zwei ganz verschiedene Ereignisse auseinander zu halten, deren Differenz bloss von der Lage zum elektromotorischen Aequator abhinge, dass man vielmehr in der Zu- und Abnahme bis Umkehr des Stromes beider Nervenhälften die Folge des nämlichen vor wie hinter der Angriffstelle des erregenden Stromes gleichbeschaffenen Vorganges sehen darf, ergibt sich weiter die Möglichkeit, die dem Strome zur Erzeugung des elektrotonischen Zustandes der Nerven beizumessende Art der Thätigkeit an eine wohlbegründete Vorstellung der Elektrolyse anzuknüpfen. Wie wir im ersten Moment der letzteren einen elektromolekularen Einfluss auf die Atome des Elektrolyten annehmen, so können wir uns hier vorstellen, dass der elektrische Strom die Nervenmolekel in eine seiner Richtung entsprechende, den Gliedern einer Volta'schen Säule analoge polare Anordnung bringe. Wir finden uns auch hier auf die elektromotorische Wirksamkeit kleinster Theilchen im Nerven hingewiesen, welche, damit ihre Zusammenstellung dem Schema der Volta'schen Säule entspricht, je einen positiven und negativen Pol besitzen, deren Verbindungsachsen alle untereinander wie der Achse der gesammten Nervenfaser parallel sind. Solche Molekel, deren gleichnamige Pole durchweg nach derselben Seite gekehrt sind, wurden bei ihrer hypothetischen Verwendung in der Musculatur als dipolare bezeichnet. Es ist nicht wahrscheinlich, dass dieselben vom erregenden Strome erst ins Leben gerufen werden; vermuthlich sind sie an sich schon da, aber zu mehreren oder am einfachsten zu zweien so combinirt, dass sie die früher charakterisirte peripolare Form annehmen, stets indess gleich den mehr oder weniger labilen Atomen zersetzungsfähiger Substanzen bereit stehen, vom Strom zur säulenartigen Anordnung gedreht zu werden. — Diese nach elektrolytischen Analogien aufgebaute Hypothese bedarf noch dahin der Ergänzung, dass die nämliche säulenartige Polarisation der Nervenmolekel, welche zwischen den Elektroden des erregenden Stromes direct hervorgerufen wird, sich beiderseits über die Elektroden hinaus auf Nervenpartien fortpflanzt, welche nicht unmittelbar vom elektrischen Reiz betroffen sind,

was unter Annahme einer der feinen Structur der Nerven ganz angemessenen grossen Empfänglichkeit für äussere Angriffe, oder einer gewissen, im zeitlichen und räumlichen Verlauf zur Geltung kommenden Selbständigkeit der einmal angeregten organischen Action nichts Unwahrscheinliches in sich trägt. — Da während des Elektrotonus die ursprüngliche elektromotorische Thätigkeit der Nerven nicht ganz sich verliert, ist weiterhin anzunehmen, dass die säulenartige Polarisation der peripolaren Molekel eine nicht absolute, sondern bloss eine mehr oder weniger vollkommene ist, indem die Molekel, statt mit ihren Achsen die zur Erreichung einer total dipolaren Umlagerung erforderlichen Kreise zu beschreiben, eine Mittellage einnehmen zwischen derjenigen, die ihnen vermöge der Richtkraft des Stromes zukommt, und der von den primitiven Nervenkräften veranlassten; je weiter vom Stromreiz entfernt, desto näher kommen muthmasslich die Molekel der peripolaren Anordnung, welcher auch alle nach Wegfall der elektrotonisirenden Erregung schleunigst wieder zustreben.

§. 259. Was die besondren Verhältnisse betrifft, unter denen der Elektrotonus erscheint, so ist die Stromstärke oder vielmehr Dichte am deutlichsten in ihrem mächtigen Einfluss zu erkennen, indem bis zu einer gewissen Grenze die Grösse des Zuwachses der Stromdichte innerhalb der gereizten Stelle einfach proportional ist, dann etwas langsamer wächst und wahrscheinlich einem beständigen Maximalwerth zustrebt. — In zweiter Linie ist die Grösse des Zuwachses bei Constanz aller übrigen Umstände, welche darauf von Einfluss sind, eine mit der Veränderlichen stetig wachsende Function der Länge der erregten Strecke. — Doch auch die Länge des abgeleiteten Nervenstückes ist von Belang, und zwar in dem Sinne, dass sich theoretisch das Resultat nach Analogie neu in eine Volta'sche Kette eingeschalteter Elemente herleiten lässt, indem es sich um das Verhältniss handelt, in welchem elektromotorische Kraft und Widerstand vermehrt worden sind. Der praktische Erfolg der mehrfach modificirten Versuche gestaltete sich unter den Händen du Bois-Reymond's folgendermassen:

„Es herrsche positive Phase; so muss, wenn wir den den Elektroden näheren Fusspunkt noch weiter der erregten Strecke zuschieben, ein Ausschlag erfolgen im Sinne des ursprünglichen Nervenstromes', herrührend von der Vermehrung der Grösse dieses sowohl, als des Zuwachses. Dies ist wirklich stets der Fall. Herrscht negative Phase, so muss wegen Vergrösserung des Zuwachses ein Ausschlag sich kund geben, in der dem ursprünglichen Nervenstrom entgegengesetzten Richtung; aber wegen Vermehrung des ursprünglichen Nervenstromes wird derselbe kleiner erscheinen können, als dies bei

der positiven Phase der Fall war; ja es wird, wenn die Stärke des erregenden Stromes sehr gering ist, und in grosser Entfernung von den Elektroden verfahren wird, die Wirkung Null sein, oder gar die Richtung des ursprünglichen Stromes einhalten dürfen. Unter den Verhältnissen, unter welchen ich die Prüfung anstellte, gab sich jedoch stets die vermehrte Grösse der negativen Phase zu erkennen. Betrachten wir jetzt die Verschiebung des von den Elektroden abgewandten Fusspunktes des Bogen. Hier können wir nicht mit Bestimmtheit den Erfolg im Voraus verkündigen; wir müssen uns begnügen damit, dass wir den beobachteten zu erklären im Stande sind. In der positiven Phase erfolgt meist ein Rückschwung im Sinne der Ladungen des ursprünglichen Nervenstromes. Es hat also eine Verminderung der Grösse des Zuwachses stattgefunden wegen Kleinheit des ausserwesentlichen Widerstandes und hat die Vermehrung des ursprünglichen Nervenstromes überwogen. Doch kommt es bei schwachen erregenden Stromeskräften, grosser Entfernung von den Elektroden, und grosser Nähe des Querschnittes auch vor, dass ein Ausschlag in dem Sinne des ursprünglichen Nervenstromes eintritt, natürlich, denn die Grösse des negativen Zuwachses hat abgenommen und die des ursprünglichen Nervenstromes ist vermehrt worden."

Zur Entfernung der abgeleiteten von der erregten Strecke des Nerven steht die Stärke der elektrotonischen Veränderung in umgekehrtem Verhältniss. Dies zeigt sich sogleich bei Beginn des Versuches und deshalb hat die Erscheinung mit dem allmählich vom Centrum gegen die Peripherie vorschreitenden Absterben des (motorischen) Nerven nichts zu thun. Denn obschon das besagte Valli-Ritter'sche Gesetz auch an ausgeschnittenen Nervenstücken sich noch giltig erweist, treten seine Consequenzen doch erst nach längerer Zeit in den Vordergrund.

Die Vergrösserung des Querschnittes am Nerven hat im Allgemeinen eine Verstärkung des elektrotonischen Zuwachses zur Folge, welche indess den Einfluss der verminderten Stromdichte in der erregten Strecke zu besiegen hat. Ist nur die abgeleitete Strecke von grösserem Querschnitt, so spielen die überzähligen Fasern gegenüber den dipolar erregten die Rolle einer Nebenschliessung, welche schwächend wirkt.

Ein zur Faserrichtung genau senkrechter elektrischer Strom ruft keine elektrotonische Polarisation hervor, welche bei einigermassen ins Schräge verschobener Lage des Nerven sofort erscheint.

Wirken gleichzeitig zwei Ströme auf den anderwärts abgeleiteten Nerven, so erscheint dessen elektrotonischer Zuwachs als die algebraische Summe der Effecte, welche von beiden erregten Strecken ausgehen, wobei indess eine Unterscheidung der positiven oder negativen Phase nicht möglich ist.

Zwischen dem positiven und negativen elektrotonischen Zuwachs besteht eine kleine Differenz der Grösse zu Gunsten des ersteren. Anfangs stellt sich zwar nicht immer ein klares Uebergewicht der einen oder andren Phase heraus; später kommt vor, dass während die Ausschläge am Galvanometer für den erregenden Strom gleichmässig abnehmen, am Multiplicator für den Nervenstrom die Unterschiede zwischen je einem Ausschlag des negativen Zuwachses und einem darauf folgenden des positiven immer kleiner wurden, immer grösser dagegen die Unterschiede zwischen je einem Ausschlag des positiven Zuwachses und einem darauf folgenden des negativen; zuletzt gehen die ersteren Unterschiede durch Null und nun liegt das Uebergewicht des positiven Zuwachses zu Tag.

Wenn die Leistungsfähigkeit des Nerven an sich gering ist, künstlich herabgesetzt ward, oder im Lauf des Versuchs litt, erscheinen die Nadelbewegungen beim Eintritt des Elektrotonus gar nicht, oder nur spurweise. — Zuckungsfähigkeit und Empfänglichkeit für den Elektrotonus nehmen fast gleichzeitig, öfters jedoch mit einem kleinen Vorsprung der ersteren ihr Ende; der ursprüngliche Nervenstrom verschwindet auch bald danach. — Zwischen den Grössen des Zuwachses bei erregbaren Nerven verschiedenen Grades und denen des ursprünglichen Stromes herrscht nicht dasselbe Verhältniss. Die Grösse des Zuwachses leidet mehr, als diejenige des natürlichen Stromes unter dem Mangel an Erregbarkeit, wonach die Schwäche des Zuwachses bei wenig erregbaren Nerven nicht allein der geringeren elektromotorischen Kraft der Molekel zuzuschreiben ist, sondern auch der Unvollständigkeit der säulenartigen Polarisation ausserhalb der Elektroden, zwischen denen sie vielleicht ganz regelrecht auftritt. — Längeres Verweilen des Nerven in einer elektrotonischen Phase stumpft seine Empfänglichkeit für beide Phasen in gleichem Masse ab. — Die elektrotonische Modification tritt bei der schwachen oder unwirksamen Anordnung kräftiger hervor, als bei der starken, wo mehr Selbständigkeit der Primärerscheinung statthat.

§. 260. Die theoretische Bedeutung des Elektrotonus kann nur im Zusammenhang mit einer allgemeinen wahrscheinlich für Nerven und Muskeln gleich giltigen, wenn schon an beiden besondrer Modificationen fähigen Hypothese erfasst werden. — Es ist für unsre Frage von Wichtigkeit, dass die Fortpflanzung des elektrotonischen Zustandes durch die Unterbindung und Zerschneidung des Nerven gehemmt wird, was unter allen physikalischen Vorgängen sonst nur denjenigen, welche Bewegung oder Empfindung vermitteln, also den eigentlichen Innervationsacten widerfährt; mit diesen, den Formen der besondren Lebensthätigkeit des Nerven, steht demnach dessen säulenartige Polarisation im innigsten Zusammenhang oder doch

mindestens in höchst bedeutsamer Analogie, welche noch durch folgende übereinstimmende Momente verstärkt wird. Innervation und Elektrotonus steigen mit der Dichte des Stromes, mit der Länge der erregten Strecke, mit der Leistungsfähigkeit des Organes. Trotzdem sind beide keineswegs identisch, schon aus dem physikalischen Grunde nicht, dass der die Bewegung vermittelnde Vorgang nur im Augenblick des Hereinbrechens, Umsetzens oder Aufhörens des Stromes, kurz bloss durch Schwankungen der Stromdichte im Nerven hervorgerufen wird, der Elektrotonus aber in gleicher Stärke anhält, so lang die Kette geschlossen ist.

Die wahre Bedeutung des elektrotonischen Zustandes wird wohl darin liegen, dass er die vom elektrischen Strom im Nerven hervorgebrachte bleibende Veränderung darstellt. Wie jeder feuchte Leiter verfällt hiebei der Nerv einer Art von Elektrolyse, welche mit der säulenartigen Polarisation seiner Molekel beginnt. Indem diese von der peripolaren zur dipolaren Anordnung übergehen, erweist sich die Gleichgewichtstörung im physiologischen Sinne als Schliessungszuckung oder Schliessungsschmerz, während bei der Rückkehr aus der elektrotonischen zur natürlichen Situation der Organismus nach Ritter den Oeffnungsschlag sich selbst ertheilt. Die galvanische Reizung ist danach die erste Stufe der Elektrolyse des Nerven, welche innerhalb gewisser Grenzen nicht nur zur Functionsteigerung desselben führt, sondern vielleicht mit der atomistischen Grundlage seiner normalen Leistung selber übereinstimmt, aber bei weiterschreitenden Processen nothwendig den molecularen Zerfall des edlen Organes zur Folge hat, das seine hohe vitale Würde gerade einer ausserordentlich labilen Structur der Atome dankt.

c. Die negative Stromschwankung.

§. 261. Die eigenthümlichen Erscheinungen am abgeleiteten elektrisch tetanisirten Nerven erscheinen sämmtlich zurückführbar auf eine negative Schwankung des natürlichen Nervenstromes, welche, ihrem Zeichen nach unabhängig von der Richtung des erregenden Stromes, zur negativen elektrotonischen Phase hinzugefügt, von der positiven abgezogen wird, wobei sie den Zuwachs der letzteren möglicher Weise völlig überwiegen kann. Da die Schwankung ausbleibt, wenn der Nerv mit elektromotorisch gleichartigen Punkten des Längsschnittes aufliegt, hält sie wohl mit der Grösse der ursprünglichen Ladung gleichen Schritt. Sie ist vielleicht ohne Weiteres der elektromoleculare Ausdruck des Bewegung und Empfindung vermittelnden Vorganges am Nerven.

Um die negative Stromschwankung getrennt von dem leicht

zu Complicationen führenden Elektrotonus zur Darstellung zu bringen, leistet das Tetanisiren des Nerven mit abwechselnd gerichteten Schlägen, unter denen er überdies wegen einer Art von Ausgleichung der alternirenden Einflüsse länger frisch bleibt, gute Dienste; denn wenn keine selbständige Veränderung der elektrischen Zustände des Nerven seine physiologische, wenn auch hier künstlich ausgelöste Function begleitet, müssen die elektrotonischen Zustände auf Anlass jener Reize vollständig oder doch grösstentheils sich aufheben. Der Erfolg der Tetanisirung des Nerven mit abwechselnden Strömen bei aufliegendem Längs- und Querschnitt ist nun stets eine grössere oder kleinere rückgängige Bewegung der Nadel gegen den Nullpunkt. Aehnlich wie am Muskel bei seiner Contraction erleidet also am thätigen Nerven der natürliche Strom auf allen Punkten eine negative Schwankung, welche nicht vom Hereinbrechen des tetanisirenden Stromes in den Galvanometerkreis herrührt, nicht vom elektrotonischen Zustand an sich, nicht von frei werdenden Ladungen in Folge des abwechselnd positiven und negativen Zuwachses, aber auch nicht von einer Zunahme des eigenthümlichen Widerstandes der Nervensubstanz, sondern von einer Abnahme der Summe der elektromotorischen Kräfte des Nerven. —

Die Bekämpfung der erwähnten Einwürfe fällt grossentheils mit dem bei der negativen Stromschwankung der Muskeln Gesagten zusammen. Im Besonderen kann hier noch hervorgehoben werden, dass Durchschneidung oder Unterbindung den Nadelrückschwung aufheben, indem der so behandelte und wieder aneinander gedrückte Nerv einem von organischen Flüssigkeiten durchtränkten Faden gleicht, welcher den Strom aber nicht die vitale Function leitet, dass die Grösse der negativen Stromschwankung stets derjenigen des natürlichen Stromes proportional ist, auch dann, wenn sie aus der Tetanisirung durch einen unterbrochenen positiven Strom folgt, dass dieser unter Umständen die negative Schwankung stärker hervorruft, als die positiv elektrotonische Phase, dass endlich, wie durch Anbringung des organischen Stückes als poröser Zwischenleiter einer constanten Säule und durch Verbindung zweier Nerven in entgegengesetzter Richtung, welche die elektromotorischen Kräfte aufhebt, den Widerstand aber verdoppelt, dargethan ward, der elektrische Leitungszustand des Nerven während des motorischen Vorganges unverändert bleibt. —

§. 262. Von Einfluss auf die negative Stromschwankung bei der elektrischen Nerventetanisirung sind die Dichtigkeit des erregenden Stromes in geradem Verhältniss der Intensität, die Länge der erregten Strecke des Nerven, mit welcher jedoch seine negative Schwankung in langsamerem Masse wächst, als der elektrotonische

Zuwachs, die Richtung des tetanisirenden Stromes, dessen senkrechter Verlauf zum Nerv auf dessen elektrische Eigenschaften gänzlich wirkungslos ist, die Entfernung der abgeleiteten von der erregten Strecke, hinsichtlich welchen Umstandes die negative Schwankung von der näheren erregten Stelle aus etwas stärker ausfällt, als von der ferneren aus, der Querschnitt des Nerven, mit dessen Zunahme unsre Erscheinung steigt, die Lebensfähigkeit des Organes, von deren Mangelhaftigkeit die negative Stromschwankung noch mehr leidet, als der Elektrotonus. Was die Länge der abgeleiteten Nervenstrecke anlangt, so ist deren Veränderung immer zugleich zu betrachten als eine solche der Spannweite des ableitenden Bogens; ist letztere Modification der Art, dass die Stärke des ursprünglichen Stromes steigt, so erscheint auch die negative Stromesschwankung grösser; ist jene entgegengesetzter Beschaffenheit, so wird diese beeinträchtigt.

§. 263. Wird die Tetanisirung des Nerven auf andrem als elektrischem Wege bewerkstelligt, so bedarf es allerdings feinerer Beobachtungsmittel, um die negative Stromesschwankung zu erkennen, aber sie erscheint immerhin in voller Gesetzmässigkeit. Die Tetanisirung nahm du Bois vor vom Rückenmark aus durch Strychninvergiftung, mechanische oder kaustische Misshandlung, ferner am ischiadicus von seiner Hautverzweigung aus, endlich auch an einzelnen Nervenstücken mittels absatzweiser Quetschung durch die Vorsprünge eines Zahnrädchens.

§. 264. Zur Entscheidung der Frage, ob die negative Stromschwankung während der Nerventhätigkeit stetiger oder unterbrochener Art sei, wurde das physiologische Rheoskop in den Kreis der Untersuchung gezogen. Dasselbe müsste im ersten Fall mit Ausnahme von Anfang und Ende der Application in Ruhe bleiben, im zweiten aber durch die beständigen Reize secundär tetanisirt werden. Der Versuch spricht für die zweite Alternative, darf aber doch nicht ohne Weiteres so gedeutet werden, als ob hiemit die unterbrochene Weise der negativen Schwankung erwiesen sei, denn es haben unter den Modalitäten des Experimentes die elektrischen Zustände des Nerven die elektrotonische Veränderung erlitten, welche an sich ganz zweifellos im Stande ist, die secundäre Zuckung hervorzurufen. Dagegen gelingt es experimentell nicht, durch die negative Stromschwankung allein secundäre Zuckungen auszulösen; die Rolle, welche sie hiebei doch spielen könnte, ist also jedenfalls eine untergeordnete. Die angeregte Frage lässt sich mithin nicht factisch lösen; theoretisch allerdings hat der unterbrochene Verlauf der negativen Schwankung grössere Wahrscheinlichkeit für sich.

d. Neuro-elektrische Theorien.

§. 265. Das Streben, Beziehungen zwischen dem Nervenagens und einer physikalischen Kraft, besonders der Elektricität aufzufinden, oder, wenn dies im directen Sinne misslang, mindestens eine desfallsige Analogie und Verwandtschaft theoretisch festzustellen, geht weit zurück in der Geschichte der Wissenschaft und scheint immer wieder auftauchend tief im menschlichen Forschungstrieb begründet zu sein. Im Allgemeinen gereicht dies auch demselben zu keiner Unehre, denn es liegt darin nur ein specieller Ausdruck vor für die zur exacten Wissenschaft führende Bemühung von dunklen und unbestimmten zu klaren und sicheren Begriffen sich emporzuarbeiten. Es bleibt bloss zu wünschen, dass hiebei an der Hand der Erfahrung stets auf dem festen Boden der Thatsachen gewandelt werde.

Deutlich ausgesprochen über eine mögliche Beziehung der Elektricität zum Nervenleben scheint sich zuerst Hausen in Leipzig 1743 zu haben: Imo si ex sanguine posset secerni magna copia hoc fluidum, quod in sanguine est sine dubio, ut in corporibus reliquis, fungeretur illud fortasse officio spirituum animalium.

Schon ein Jahr danach und später wiederholt tritt Sauvages für die Identität von Nervenprincip und Elektricität auf. Sonst: de Hais und Laghi.

Da alle Beweisgründe, welche von denselben für ihre Ansicht vorgebracht wurden, auf Erscheinungen hinausliefen, bei denen nachweislich der menschliche Körper nur als völlig passiver Leiter functionirte, hatten die Gegner der elektrischen Nervenlehre leichtes Spiel. Unter ihnen ragen hervor Lecat, Fontana, Caldani. Die mangelnde Isolation der Nervenfasern und Hüllen, wie das Hemmniss, welches Unterbindung oder Durchschneidung eines Nerven seiner durch den Willen oder einen ähnlichen Impuls eingeleiteten Thätigkeit bereitet, ohne bei Herstellung einer künstlichen Brücke seine Leitungsfähigkeit für den elektrischen Strom aufzuheben, waren ihre Hauptstützen, und würden es bis heute geblieben sein, wenn es sich für die wahre Nervenelektricität überhaupt um einen den Strang einfach durchlaufenden Strom handelte.

Die alten Neigungen lebten indess immer wieder auf und vornehmlich die damals bekannter werdenden Erscheinungen an den elektrischen Fischen sprachen so sehr zu ihren Gunsten, dass selbst der frühere Gegner Fontana sich zu den Worten verleiten lässt: „Es ist nicht allein der Mechanismus der Muskelbewegung unbekannt, sondern wir können auch nicht einmal etwas erdenken, was ihn erklären könnte und es scheint, dass wir gezwungen sind, zu irgend einem andren Princip, wo nicht zur gewöhnlichen Elektricität,

doch zu etwas unsre Zuflucht zu nehmen, das wenigstens mit der Elektricität viel Aehnliches hat. Der Zitteraal und der Krampffisch machen die Sache wo nicht wahrscheinlich, doch wenigstens möglich und man könnte glauben, dass dies Princip den gemeinsten Gesetzen der Elektricität folgt.“ (Du Bois Reymond). — Später wird er wieder schwankend und denkt eher an Schwingungen des Inhaltes der Muskelröhren, wie sie die Luft bei der Schallfortpflanzung ausführt.

Die Galvanischen Entdeckungen, wenn auch zum Theil irrthümlich und missdeutet, doch immerhin imponirend, verstärkten die Macht der neuroelektrischen Theorie, für welche jedoch neue Beweise oft auf sehr seltsamen Wegen gesucht wurden. Weinhold ersetzte 1817 angeblich ohne Weiteres erfolgreich das Rückenmark einer jungen Katze durch ein Silber-Zink-Amalgam, Philipp und Hastings erregten die volle Verdauungskraft eines Magens, dessen Vagus bloss noch vom elektrischen Strom Reiz empfing (1818) und zwei Jahre später stellte de la Rive eine neuroelektrische Hypothese über den Ursprung der thierischen Wärme auf, worin die bis in die äussersten Nervenenden ergossenen und hier wegen des kleinen Querschnittes der Leiter Wärme entwickelnden Ströme von den Oxydationsunterschieden der vom arteriellen Blut als dem Träger des Sauerstoffes verschiedentlich erregten thierischen Gewebe hergeleitet wurden.

Die Entdeckung des Elektromagnetismus veranlasste 1823 Prevost und Dumas zu neuen Erklärungsversuchen der Muskelzusammenziehung unter nervösem Reiz. Sie nahmen an, dass die Nerven in den Muskeln nicht frei enden, sondern senkrecht zu den Primitivbündeln Schlingen mit parallelen Schenkeln bildeten, dass gerade an diesen Kreuzungspuncten eine Zikzakbiegung der einfachen Fasern bei der Muskelcontraktion entstehe, und dass die in isolirende Hüllen eingeschlossenen Nerven treffliche Leiter der Elektricität seien, welche Fähigkeit sie erst nach dem Tode verlören. Durchfliesst ein Strom alle Schlingen in gleicher Richtung, so bewirkt er nach den elektrodynamischen Gesetzen eine gegenseitige Annäherung derselben und hiemit eine Verkürzung des Muskels. — Abgesehen davon, dass jene drei Voraussetzungen von der Erfahrung als ganz oder grossentheils hinfällig erwiesen wurden, verwickeln sich die Autoren gegenüber der Entstehungsweise und Verbreitung des Stromes in solch abenteuerliche Auffassungen, dass man der ganzen Sache keine ernste Bedeutung beilegen kann.

Der Armeechirurg Larrey verglich 1824 die Nerven isolirten Leitungsdrähten, ohne Zweifel die Centralstätten der von ihnen zu verbreitenden Kraft im Gehirn und Rückenmark suchend. In rein bildlicher Weise ohne Anspruch auf wissenschaftliche Realität der gebrauchten Ausdrücke wird noch jetzt häufig die organische Anlage

und Functionirung der Nerven einem Telegraphensystem verglichen, in welchem die Rollen der Kraftquelle, Stromleitung und Zeichengebung von den nervösen Centraltheilen, den peripherischen Nerven und den von ihnen versorgten Werkzeugen, vornehmlich der Muskulatur übernommen würden.

Nobili prüfte 1829 an dem von ihm höchlich verfeinerten Multiplicator Hirn, Rückenmark und Nervenstämme verschiedener Thiere auf elektrische Ströme, fand aber die Nadel stets unbewegt und schloss daraus, dass, wenn jene in den Organen überhaupt vorhanden, sie jedenfalls viel zu schwach seien, um eine wesentliche Rolle in den Lebensvorgängen zu spielen.

Unter andren Autoritäten jener Zeit äussert Fechner eine entschiedene Vorliebe für die Identitätslehre, zu deren Gunsten er den Einwurf mangelnder Isolation der vorzüglich oder allein auf das Nervenmark angewiesenen Ströme durch die Vermuthung einer isolirenden Eigenschaft der Nervenhüllen zurückweist und hinsichtlich des andren hauptsächlich beanstandeten Punktes sagt: „Sehr gut lässt sich die Unterbrechung der Nervenleitung durch Unterbindung erklären; durch das umgelegte Band wird das leitende Mark nach beiden Seiten von der Unterbindungsstelle seitwärts gedrückt, so dass nun keine Continuität desselben mehr stattfindet; vielmeht müssen an der Unterbindungsstelle die gegenüberstehenden Wandungen der neurilemmatischen Kanäle aufeinander gepresst werden, eben wie bei Unterbindung der Blutgefässe die Wände dieser."

Neben vielem Unbedeutenden ist eine Arbeit von Person (1830) insofern von Interesse, als darin die Möglichkeit ausgesprochen wird, die elektrischen Muskel- und Nervenwirkungen könnten wohl nur zu schnell vorübergehend sein, um die Magnetnadel des Multiplicator in Bewegung zu setzen. Uebrigens seien die Nerven weniger gute Leiter der Elektricität, als die Metalle und würden durch ihre Hüllen nicht isolirt. — Viel bestimmter wurde über die letztere Frage 1836 von Ed. Weber gehandelt, indem der elektrische Leitungswiderstand der Organe als 10—20mal kleiner angegeben wird, wie derjenige mässig warmen destillirten Wassers. Dieses aber soll tausend Millionmal schlechter leiten, als Kupfer. — Gerade umgekehrt meint Bischoff, die elektrischen Eigenschaften der Nerven möchten sich dem Nachweis durch die überlegene Leitungsfähigkeit ihrer Masse entziehen, hat indess später gefunden, dass dieselbe in der That eine sehr schlechte ist.

Auch Faraday erhebt seine mächtige Stimme zu Gunsten der Identitätslehre, allerdings zunächst nur von den Erscheinungen am Zitteraal zur Aufforderung veranlasst, man solle sehen, ob ein erschöpftes Thier durch, seinen natürlichen gleichgerichtete, künstliche

Ströme schneller restaurirt werde, als ohne dieselben, dagegen rascher aufgerieben durch entgegengesetzte.

Endlich analogisiren Henle und Kölliker die Pacini'schen Körperchen den elektrischen Organen der Fische, und glaubten, doch wohl nur in Gestalt einer flüchtigen Vermuthung die bekannte, aber rein äusserlich aus der Reibung des Pelzes zu erklärende Elektricitätsentwicklung an Katzen auf deren Reichthum an jenen Gebilden zurückführen zu dürfen.

Matteucci's Bemühungen um die Elektricität der Nerven hatten kein weiteres directes Resultat als das negative, dass sich die Nerven ausschliesslich als unwirksame und zwar sehr schlechte Leiter bei dem Muskelstrome verhalten. Die positiven Errungenschaften gehören ebenso gut du Bois-Reymond, welcher sie wenigstens grösstentheils erst sicher stellte und richtig deutete.

Was nun schliesslich die theoretische Bedeutung der von diesem grossen Forscher ermittelten Resultate betrifft, so liegt das Charakteristische und zugleich Werthvolle derselben in ihrer Thatsächlichkeit. Hinsichtlich der unmittelbaren empirischen Früchte der Untersuchung ist dies an sich klar, aber auch da, wo um einen Schritt weiter gegangen und eine alle einschlägigen Erfahrungen zusammenfassende Hypothese aufgebaut wird, geschieht die Befriedigung der, nach der wissenschaftlichen Methodik ebensosehr, als wegen des Gründlichkeitstriebes des menschlichen Geistes unvermeidlichen Forderung nach einem systematischen Abschluss ganz anders, als bei den bisherigen Lösungsversuchen der Frage. Eine Identificirung oder Gegenüberstellung der Nervenkraft und der Elektricität im Allgemeinen, eine Aufsuchung elektrischer Ströme von einfachem linearen Verlauf, eine Discussion ihrer etwaigen localen Wirkungen oder vitalen Bedeutung überhaupt wird hier gar nicht versucht. Ebendamit aber ist mit allen traditionellen Voraussetzungen gründlich gebrochen, und sämmtlichen nur diesen gegenüber berechtigten Einwürfen die Spitze geknickt worden.

Die im atomistischen Gefüge des Nerven- und Muskelgewebes, wahrscheinlich ohne wesentliche Verschiedenheit (denn der dem ersteren allein eigene Elektrotonus beweist bloss eine grössere verbreitetere Labilität des der feinsten und schnellsten Veränderungen fähigen, eben damit „edelsten" Organes) begründete Molekularelektricität ergänzt die gestaltliche Selbständigkeit der Zelle durch ein minimales Territorium abgegrenzter und doch weit greifender physikalischer Kraftwirkungen. In dieser Beschränkung, räumlich bezüglich des letzten Substrates der Forschung und seiner Consequenzen, methodisch in Rücksicht des Ausschlusses unreifer Fragen liegt der Werth der du Bois-Reymond'schen Theorie, welche völlig unabhängig von den Velleitä-

ten eines besonderen nervösen Principes eine ächte Elektrophysik der Nerven geschaffen hat.

F. Die Elektricität andrer Gewebe.

§. 266. Die elektromotorischen Eigenschaften der Nerven und Muskeln sind in der Erscheinung, wie in der muthmasslichen Bedeutung so wichtig, dass sie fast die ganze Aufmerksamkeit der Forscher auf sich zogen und das etwa ähnliche Verhalten anderer organischer Gewebe in Schatten stellten. Doch ist letzteres immerhin einiger Berücksichtigung werth.

Die den quergestreiften Muskeln nächst stehenden glatten contractilen Elemente huldigen wie jene dem Gesetz, dass durch die Reihe der zusammenziehungsfähigen Gewebe hindurch das elektromotorische Verhalten gleichen Schritt mit der mechanischen Leistungsfähigkeit hält.

Die Wand des Magens oder Darmes vom Frosch gibt mit einem Punkt der Aussenfläche gegen einen beliebig zur Achse des Organes geneigten Schnittrand aufgelegt schwache Wirkungen nach dem Gesetz des Muskelstromes.

Die Augenblendung des Kaninchen zeigt einen schwachen regelmässigen Strom.

Am Fruchthalter eines nicht trächtigen Kaninchen ging ein Strom vom äusseren Umfang zum künstlichen Querschnitt im Draht, ebenso am Harnleiter, während Eileiter und Harnblase verwirrte Resultate ergaben.

Das elastische Gewebe der Arterienhäute zeigt nur eine sehr schwache Ladung im Sinne des Muskelstromes. An den Sehnen treten undeutliche, oft unregelmässige Erscheinungen auf.

Die Haut des Frosches liefert bald richtige, bald verkehrte, bald starke, bald schwache oder auch gar keine Ströme. Im Allgemeinen verhält sich diejenige Stelle positiv, welche zuletzt vom Ableitungsbausch berührt wird, wodurch eine Zufälligkeit des elektromotorischen Verhaltens angedeutet ist, welche mit einer wesentlich organischen Entstehung der Ströme nicht vereinbar erscheint. Vermuthlich wird im Moment der Berührung jeder Punkt der Sitz einer elektromotorischen Kraft, deren resultirende Strömung in der Richtung vom Bausch zur Haut und ins unterliegende Gewebe sich verbreitet, wobei sowohl die ungleichzeitige Berührung, wie andererseits die eigenthümliche Hautabsonderung der nackten Amphibien für die nothwendigen localen Unterschiede der Triebkräfte sorgen.

Ober- und Unterschenkelknochen des Frosches geben mit einer Gelenk- oder Querbruch-Fläche gegen einen Punkt des äusseren Umfanges aufgelegt, Ströme in gleichem Sinne wie der Muskel, nur

sehr viel schwächere und insofern weniger bedeutsame, als ebensolche quer durch die tibia zu gehen scheinen.

Stücke von Lunge, Leber oder Milz des Kaninchen einerseits mit einem künstlichen Querschnitt, anderseits mit der äusseren Oberfläche auf die Bäusche gelegt, liessen immer einen starken Strom erkennen, welcher indess die verkehrte Richtung des Muskelstromes einhielt. — Nieren und Hoden geben undeutliche und irreguläre Spuren von Elektricität. — Diesen Strömen, wie denjenigen der Knochen spricht du Bois-Reymond nur eine äusserliche Analogie mit der Muskelelektricität zu, sofern sich nämlich ein scheinbarer elektromotorischer Gegensatz des Innern und der Oberfläche zeigt, welcher wohl weniger auf eine molekularmechanische Architektonik, wie sie im Muskel- und Nervengewebe wahrscheinlich befunden wurde, als auf gröbere, mit der ungleichen Blutvertheilung oder der secretorischen und nutritiven Thätigkeit in Zusammenhang stehende Ungleichartigkeiten zurückkommt. —

In Vergleichung verschiedener Organe will Donné elektrochemische Ströme zwischen der inneren Magenfläche und dem Parenchym der Leber constatirt haben. — Zur Function dieses und andrer secretorischer Apparate setzte Thomas Young angeblich elektrochemische Bewegungen der Flüssigkeitsbestandtheile im Organismus in Beziehung, und Everard Home suchte in Verfolgung dieser Idee, sowie anknüpfend an Brande's Entdeckung der Eiweissgerinnung am negativen Pol, durch Elektrolyse des Blutes zu normalen und pathologischen Absonderungen zu gelangen, ohne indess einen namhaften Erfolg zu erzielen.

Von Absonderungsproducten wurde der in einem isolirten Metallgefäss aufgefangene Harn durch Vassalli-Eandi negativ elektrisch gefunden, welche Art der Ladung derselbe sofort auf sämmtliche Secrete ausdehnte. — Frisch gezogene Spinnfäden der aranea aëronautica fand Murray ebenfalls negativ elektrisch, und meint, bei herrschender positiver Elektricität der oberen Luft erhielten die negativen Fäden einen ihr Aufsteigen und Schweben erklärenden Zug nach Oben.

G. Die Ströme am lebenden Körper.

§. 267. Wenn die Elektricität der thierischen Gewebe oder vielmehr einzelner Organe, weit entfernt bloss eine postmortale und secundäre Erscheinung an den unter aussergewöhnlichen Umständen geprüften Körperstücken zu sein, in unsrer Auffassung den Werth eines integrirenden Factors der Lebensphänomene verdienen soll, erscheint ihr unmittelbarer Nachweis in Mitten der letzteren aufs Höchste wünschenswerth, indem erst dann jeder Zweifel ihres

ungläubigen Gegners niedergeschlagen werden kann. — Zuvörderst musste wenigstens die besondere Präparation der Muskeln oder Nerven vermieden und mit möglichst unversehrten Gebilden operirt werden, worauf man zur Untersuchung des gesammten todten und lebenden Thieres vorschreiten konnte; man durfte allerdings vielfache Complicationen und Störungen der Resultate erwarten, aber vielleicht doch hoffen, aus denselben die unter reineren Verhältnissen gewonnene Gesetzmässigkeit der elektrischen Vertheilung hervorleuchten zu sehen. In der That erhält man selten sogleich am aufgelegten Froschkörper den Nadelausschlag eines aufsteigenden Stromes, sondern Anzeichen eines entgegengesetzt laufenden, öfteren Richtungswechsels oder selbst vollständiger Ruhe. In der Regel aber legt sich allmählich die Verwirrung und weicht einem constanten aufsteigenden Strome von 10—35° Ausschlagwirkung, welchem ganz die Bedeutung des bekannten Muskelstromes zukommt. Die schnelle Vergänglichkeit der anfangs störenden Phänomene deutet auf eine oberflächliche Ursache derselben, welche am besten in der Haut angenommen wird, und deren Hervorrufung durch diese oder andre anatomische Eigenthümlichkeiten um so weniger befremden darf, als selbst am Einzelmuskel das Sehnenende oder der natürliche Querschnitt dem künstlichen nicht elektrisch gleichwerthig ist. Am ersteren pflegt vielmehr eine Schicht gesetzwidrig angeordneter elektromotorischer Molekel vorhanden zu sein, welche mehr oder weniger positive Pole auswärts kehren und demnach den negativen Polen der darunter liegenden peripolaren Gruppen stärker oder schwächer entgegenwirken. Es scheint, dass alle Muskeln des lebenden Thieres sich auf einer, vielleicht verschiedentlichen, Stufe dieses „parelektronomischen" Zustandes befinden, dass aber namentlich tiefe Temperatur dessen Entwicklung begünstigt und derselbe demnach voraussichtlich in ausgezeichneter Weise den in Winterschlaf verfallenen Thieren eigen ist.

Der normale oder parelektronomisch modificirte Muskelstrom der lebenden unversehrten Thiere muss bei Tetanisirung derselben auch der negativen Schwankung unterliegen, vielleicht sogar in erhöhtem Maasse, weil gerade mit Hilfe jener endständigen Modification der positive Strom des ruhenden Muskel leichter überwunden werden dürfte. Spannt man den Frosch auf einen Rahmen, taucht die Füsse in das eine Zuleitungsgefäss und legt einen die Kette vervollständigenden Sattelbausch des andren auf das Kreuz des Thieres, so nimmt die Nadel bald die dem Muskelstrom entsprechende Stellung ein. Leitet man jetzt durch zwei an verschiedenen Stellen der Rückenhaut aufgesetzte Metallklemmen einen tetanisirenden Strom durch den Froschrumpf, so beschreibt die Nadel im absteigenden Sinne einen Ausschlag bis zu 45°. Auch der Nerv des stromprüfenden Frosch-

schenkel verfällt für einzelne Inductionsschläge in Zuckungen und beim dauernden Tetanisiren des primären Präparates in secundären Tetanus.

§. 268. Um am lebenden Menschen die elektrischen Ladungen und Ströme nachzuweisen, musste durch Vorversuche constatirt werden, inwieweit etwa die Haut an sich durch die Berührung der elektrischen Ableiter zu Ausschlägen der Nadel Veranlassung geben könnte. Du Bois-Reymond fand hiebei grosse Schwierigkeiten und stiess oft auf anscheinend unerklärliche Launen in Erscheinung der experimentalen Resultate. Ungleichartigkeiten verschiedener Art an abgeleiteten Hautstellen, ungleichzeitige Benetzung oder auch nur Berührung derselben, vermuthlich auch Temperaturdifferenzen können zu elektrischen Erscheinungen Anlass geben, welche rein äusserlicher Art sind und mit den organischen Ladungen nichts zu schaffen haben. Fast immer erhält man starke und beständige Ströme, wenn verschiedene mit Haut bekleidete Körpertheile durch den Multiplicator in leitende Verbindung gebracht werden, wobei die elektromotorische Hautthätigkeit eine so vielfache und bereitwillige ist, dass unter Anderm schon die verschiedene Ausdehnung der geprüften Hautpartien eine differente Spannung setzt. Taucht man nämlich eine Hand im geballten, die andre im offenen Zustand in die Ableitungsflüssigkeiten, so verhält sich jene positiv gegen diese. Taucht man beide Fäuste ein und wartet das Gleichgewicht der vielleicht schwankenden Nadel ab, so weicht diese aus, wenn man die eine (jetzt als negativ angezeigte) Hand öffnet. Die zuletzt besprochene elektromotorische Wirksamkeit cutaner Dehnungsdifferenzen hat wohl einigen Antheil an den Strömen, welche beim festeren Andrücken eines Ableitungsbausches an die Haut entstehen.

Wunde Stellen zeigen sich stets stark positiv gegen die unverletzte Haut.

Wenden wir uns nun zur Hauptfrage der im lebenden menschlichen Körper durch Muskelzusammenziehung hervorgebrachten Ströme, so ist vor Allem klar, dass parelektronomische Schicht, Widerstand der Oberhaut, Nebenschliessung durch die Lederhaut, endlich die mannigfache Anordnung und Gestalt der Muskeln ihren Strom nie so regelmässig erscheinen lassen, wie an einem einzelnen Präparate.

Die in Aussicht zu nehmende negative Schwankung des Muskelstromes wird ihrer Richtung nach immer von derjenigen des ruhenden Stromes abhängen, und ihrer Grösse nach im Allgemeinen seiner Stärke proportional sein. Sie kann durch ihr Auftreten die Ströme verrathen, welche von den Muskeln selbst veranlasst sind, und denen, wie man sie an den Gliedmassen des lebenden Menschen

meist in aufsteigender Richtung vorfindet, oft grosse Antheile elektromotorischer Hautwirkungen beigemengt sind.

Setzt man die Füsse in ein mit Kochsalzlösung gefülltes Ableitungsgefäss und verbindet eine Stelle des Rumpfes mit dem andren Ende des Multiplicatordrahtes, so zeigt eine Ablenkung von 60—80° einen starken aufsteigenden Strom im Körper an. Eine kräftige Zusammenziehung des Beines treibt die Nadel noch weiter gegen die Hemmung, scheint also den vorhandenen Strom zu verstärken, welcher damit wegen des in Erinnerung der negativen Schwankung auftauchenden theoretischen Widerspruches als ein blosser Hautstrom entlarvt ist. — Einen ähnlichen aufsteigenden Strom kann man durch die isolirte Zusammenziehung des Ober- und Unterschenkel, des Ober- und Unterarmes hervorrufen. Dieser Strom scheint, freilich geschwächt und allmählich abnehmend, die ihn veranlassende Zusammenziehung zu überdauern. — Die Magnetnadel kommt endlich zu merkbarer Ablenkung, wenn man den Strom so durch den Galvanometerdraht sendet, dass dessen Enden an zwei Handgriffen erfasst werden und einerseits eine kräftige Contraction der Armmusculatur vorgenommen wird.

2. Das passiv elektrische Verhalten thierischer Organe.

§. 269. Selbst wenn Nerven und Muskeln die selbständige elektromotorische Kraft, welche ihnen die bisherige Darstellung zu eigen sprach, nicht besässen, würden sie durch ihre auffallend grosse Reizbarkeit den elektrischen Einflüssen gegenüber zu diesen eine Beziehung verrathen, deren Constanz, Innigkeit und medicinische Bedeutung um so überraschender erscheint, als das gewöhnliche Kennzeichen einer leichten Anpassung der Körper an die strömende und fernwirkende Elektricität, die gute Leitungsfähigkeit gerade hier nur in untergeordneter Weise ausgebildet ist — ein Fingerzeig, dass, wie die elektromotorischen Eigenthümlichkeiten, so auch die Phänomene der elektrischen Reizbarkeit an den betreffenden Geweben nicht ausschliesslich nach dem physikalischen Herkommen, sondern, wenn auch mit strenger Festhaltung der von demselben begründeten Gesetze, doch unter steter Beachtung der anatomisch-physiologischen Verhältnisse untersucht und gewürdigt werden müssen.

A. Die Art des elektrischen Einflusses und seine Wirkungsform.

§. 270. Die Elektricität kann auf die Organe in einzelnen Schlägen und Stössen oder als andauernder Strom einwirken; im ersten Fall erzeugt sie im Empfindungsnerven ein kurz vorübergehendes, aber bei gehöriger Stromkraft höchst intensives Gefühl von Er-

schütterung, und in den Muskeln, unmittelbar oder durch Vermittlung der motorischen Nerven eine plötzliche Zuckung. Bei schneller Wiederholung des elektrischen Reizes wird jene Empfindung zu einem dauernden, immerhin jedoch merklich aus Einzelangriffen zusammengesetzten Prikeln, Brennen oder Zerren, dessen oscillatorischer Anlass oder Verlauf in den höchsten Graden durch einen schwirrenden Ton sich kundgibt. Im zweiten Fall beschränkt sich die gleichgestaltete Wirkung auf Schliessung und Oeffnung des einbrechenden Stromes, welcher während der Dauer seines Aufenthaltes im organischen Gewebe, wie es scheint, keine weiteren, ihr specifisches Leistungsvermögen anregende Veränderungen setzt, wohl aber sicher in demselben molekularmechanische Umlagerungen begünstigt, einleitet, vielleicht auch auf die Dauer herstellt, welche später möglicher Weise im Leben der mit mehr oder weniger Energie und Erfolg zur Norm zurückstrebenden Nerven und Muskeln je nach den Modalitäten der stattgehabten Einwirkung in günstigem oder ungünstigem Sinne sich geltend machen können. Keinesfalls darf aus der allerdings am meisten in die Augen springenden Erfahrung der momentanen Stromeffecte mit allgemeiner Giltigkeit die Abstraction erschlossen werden, dass die Organe überhaupt nur auf Wechsel oder Intensitätsvariationen der Elektricität reagirten, ihrer constanten Einwirkung gegenüber sich dagegen vollkommen träg verhielten. Für Empfindungsnerven wenigstens ist schon länger bekannt, dass zwar der Strom bei seinem Entstehen und Verschwinden weitaus am stärksten auf sie wirkt, doch aber auch während seiner gleichmässigen Andauer ein anhaltendes schwächeres Gefühl den Durchgang der Elektricität durch die Nerven verräth. Auch für den Bewegungsapparat ist vornehmlich durch Pflüger, Wundt, v. Bezold und Fick nachgewiesen worden, dass er dem constanten Strom nicht ganz entzogen ist, zumal wenn die Muskeln direct dem elektrischen Reize ausgesetzt werden, von welchem man lange Zeit geglaubt hatte, dass er stets durch Vermittlung des motorischen Nerven wirke. Gerade indess, wenn letzterer ausser Spiel gebracht ist durch Vergiftung mit Kurare oder auf elektrischem Weg, bleibt der Muskel während der ganzen Dauer des Stromes in anhaltender Contraction, während Oeffnungs- und Schliessungszuckung bis zu völligem Wegfall undeutlich werden. Jene ausdauernde Elektro-Reaction scheint also die dem Muskel charakteristische zu sein, während die momentanen Erregungssignale als wesentlich nervöse erscheinen, und zwar sind diese letzteren unter gewöhnlichen Umständen so ausgezeichnet hervortretend, dass, wenn auch der motorische Nerv dem constanten Strome schwerlich ganz indifferent gegenübersteht, doch in ihm dessen Ein- und Austritt die wichtigste Rolle spielen.

Hinsichtlich des einigermassen verschiedenartigen Verhaltens der sensiblen und motorischen Nerven gegen den constanten Strom ist die Intensität des letztern nicht ohne Bedeutung. Für jene steigt mit dieser die dauernde Empfindung, in den letzteren dagegen brachte mit sehr mässigen Strömen ohne jegliche Kraftschwankung am sichersten Pflüger die Tetanisirung hervor, während allzuschwache und überstarke (?) Ströme ohne (dauernden?) Effect blieben. — Ausserdem kommt wenigstens bei sehr kurz einwirkenden Strömen die Geschwindigkeit ihres Ansteigens auf eine bestimmte Stärke in Betracht, indem die Reaction um so milder ausfällt, je langsamer dies geschieht. — Völlig momentane Stromstösse, wie sie mit besondrer Kraft von den isolirten Elektroden eines Funkeninductoriums bezogen werden können, gleichen in ihrem Eindruck den Schlägen der Reibungselektricität, welche besonders in den Gelenken, wo sie auf einen kleineren Querschnitt mit Einem Male reducirt, also plötzlich in grösserer Dichte der Elektricität verübt werden, zur Empfindung kommen, doch auch leicht über die Brust sich verbreiten, nur höchst selten indess zu bedenklicheren nervösen Erschütterungen führen.

§. 271. Die elektrischen Studien an Sinnesnerven sind misslicher Art, weil schwache Einwirkungen unsichere Resultate geben, starke aber gefährlich werden und schwere Folgen haben können, überdies alle Angaben einen fast nur individuellen Werth besitzen, indem die Bedingungen ihrer Auffindung grossentheils als rein subjective erscheinen. Die ältesten, immer noch in hohem Grade massgebenden desfallsigen Versuche stellte 1801 in heroischem Eifer für die vielseitigste Anwendung der jungen Volta'schen Säule J. W. Ritter in Jena mit einer sechzigpaarigen Zinksilberbatterie an. Neben der allgemein bekannten Erregung der sensiblen Hautnerven erzeugte er unausstehlich widerliche Empfindungen an hohlen Zähnen, denen er den Silberpoldraht applicirte; ferner constatirte er mittels des Temperaturgefühles bei der Schliessung der Kette die Zinkseite als die warme, die Silberseite als die kalte, bei der Stromöffnung aber jene als die kalte, diese als die warme. Bei der Verbindung: Finger, Silber, Säule, Zink, Zunge machte sich auf dieser ein saurer Geschmack bemerklich, welcher zwar stark, doch viel milder oder angenehmer erschien, als der stechende, schneidende, bohrende alkalische Geschmack beim Anlegen der Zunge an den Silberpol. Als er zwei abgerundete starke Eisendrähte hoch in die Nasenhöhle hinaufschob und ihre herausragenden Enden mit den Polen einer zwanzigpaarigen Kette verband, trat ausser heftigem Schmerze auf der Silberseite Drang zum Niesen, in der dem Zinkpol entsprechenden Nasenhöhle aber ein eigenthümlicher Geruch auf, welcher nicht näher beschrieben, doch im Allgemeinen dumpf und abstum-

pfend qualificirt wird. Bei elektrischer Armirung der Gehörgänge hatte schon Volta ein krachendes und brausendes Geräusch vernommen. Ritter vergleich den bei solcher Gelegenheit empfundenen Schall dem beim Schlingen hervorgebrachten. Er erschien auf beiden Ohren, wenn beide armirt waren, in welchem Fall aber nur eine Batterie von 20 Paaren vertragen wurde, wogegen eine solche von 100 Zinkkupferlagen angewendet werden durfte, wenn man nur den einen Pol ins Ohr brachte, den andren in der Hand hielt; dann ward der stärkere Schlag gehört, wenn der Silberpol im Gehörgang lag. Schon bei der Reizung der Zunge, wo es sich nicht fehlen konnte, dass Trigeminus-Zweige mitgetroffen werden mussten, wogte ein Lichtschein im Auge auf, welcher aus gleichem Grunde bei jeglicher Polapplication am Kopf vorkommt, und am einfachsten, freilich auch schwächsten zu beobachten ist, wenn man einen Kupfer- und Zinkstreifen rechts und links zwischen Wange und Kiefer bringt und dieselben sich ausserhalb des Mundes berühren lässt. Als Ritter bei Halbdunkel das Auge selbst in den Strom einschaltete, indem er einen mit dem einen Pol der Kette verbundenen Metallknopf ins offne Auge, also an die Sclera des von der Augenhöhlenwand ein wenig abgedrängten Augapfel, an den andern Pol aber unter Befeuchtung Finger, Zunge, Nase oder einen andren Körpertheil legte, sah er mit Zink am Auge (unter stets unausbleiblichen Schmerzen) einen ausserordentlich hellen und lebhaften Blitz als Eintrittsignal eines allgemein erhöhten Lichtzustandes, dessen Ende bei der Stromöffnung durch einen zweiten Blitz bezeichnet wurde. Bei „Silber am Auge" scheint das Phänomen ganz ähnlich gewesen zu sein, doch spricht der Beobachter hier von einem verminderten Lichtzustand des Organes während der dauernden elektrischen Einwirkung — eine Distinction, auf welche vielleicht eine naturphilosophische Erwägung im Schelling'schen Sinne nicht ohne Einfluss war. Indess verbindet der hochverdiente Forscher mit den beiden supponirten Zuständen ganz bestimmte Erscheinungsformen, namentlich hinsichtlich der Farbenerzeugung. Das durch Zinkberührung positiv erregte Auge nämlich sah während der Stromschliessung bläuliches, nach der Oeffnung der Kette röthliches Licht, welche Farben bei Silbercontact in entgegengesetzter Folge auftraten. Dieselben werden bei Vermehrung der Stromkraft bis zu tiefem Violetblau und intensivem Roth gesättigt, und erscheinen auf weissem Papier in glänzendester Projcction, werden aber auch in freier Luft so gesehen, dass das Auge selbst stets den Mittelpunkt der Erscheinung bildet, was von Vornherein zu erwarten ist, weil über die Subjectivität des Phaenomenes in optischem Sinne kein Zweifel besteht. Gegenstände, unter dieser subjectiven Beleuchtung betrachtet, erscheinen im positiven Stadium undeutlicher, im negativen schärfer begrenzt, was Ritter daraus erklärt, dass das

Auge je mehr Licht (oder Reiz?) an sich schon in ihm vorhanden sei, desto unfähiger für die äusseren Anschauungen werde, und umgekehrt. Auch die Grösse oder Form der Objecte soll im erhöhten und verminderten Lichtzustand des Auges verändert, und zwar dort verkleinert oder einwärts gezogen, hier nach Aussen geschwellt werden.

B. Das Zuckungsgesetz.

§. 272. Das den *sensiblen* und *motorischen Nerven* wie den *Muskeln* gemeinsame *Gesetz*, nach welchem die *elektrischen Reize* beantwortet werden, lässt sich nicht für alle Fälle mit gleicher Giltigkeit hinstellen, sondern ist, wie zuerst *Heidenhain* und *Pflüger* zeigten, eine *Function der Stromstärke*. Neben dieser ist vornehmlich die *Richtung des Stromes* im Nerven zu beachten, hinsichtlich deren die Uebereinkunft getroffen ist, den von einem centralen Querschnitt des Organes zu einem peripherischen gehenden Strom als *absteigend*, den entgegengesetzten als *aufsteigend* zu bezeichnen.

Im Allgemeinen tritt in den extremen Fällen: bei grösster Schwäche oder höchster Stärke des Stromes nur *Eine Zuckung*, bei *Schliessung* oder *Oeffnung* der Kette ein. Auf die Richtung des Stromes kommt hiebei insofern an, als der schwache aufsteigende Strom nur Schliessungszuckung, der schwache absteigende öfter Oeffnungszuckung hervorruft, dagegen der starke aufsteigende Strom stets Oeffnungszuckung und der starke absteigende am häufigsten Schliessungszuckung. Beiderlei Zuckungen sind bloss den mittelstarken Strömen jeder Richtung eigen.

Bezüglich der *Geschwindigkeit*, mit welcher die einzelnen elektrischen Reactionsphänomene einzutreten pflegen, ordnen sie sich in folgender Reihe: 1) Schliessungszuckung des aufsteigenden Stromes. 2) Oeffnungs- (seltener Schliessungs-) Zuckung des absteigenden Stromes. 3) Schliessungs- (seltener Oeffnungs-) Zuckung des absteigenden Stromes. 4) Oeffnungszuckung des aufsteigenden Stromes. — Bei wachsender Stromstärke verschwindet zuerst die Schliessungszuckung des aufsteigenden, viel später oder gar nicht die Oeffnungszuckung des absteigenden Stromes.

Der physiologischen Verbreitungsweise der *sensiblen* Reize entsprechend gehört bei absteigendem Strom der schwachen Einwirkung die Schliessungsempfindung, der starken die Oeffnungsempfindung an, während der aufsteigende Strom vornehmlich bei seiner Schliessung einen sensiblen Reiz ausübt, welcher mit der Intensität des elektrischen Einflusses zunimmt.

§. 273. An den *Muskeln* erscheinen verschiedene Erfolge, je nachdem sie in ihrer ganzen Länge oder nur stückweise vom erregenden

Strom durchflossen werden. Im ersten Fall waltet für starke wie schwache Ströme jeder Richtung die Schliessungszuckung vor, während die Oeffnungszuckung erst bei vermehrter elektrischer Intensität dazutritt, und zwar beim absteigenden Strome früher, als beim aufsteigenden. Im zweiten Fall bewirkt die Reizung eines oberen Muskelstückes im unteren Theil bei mittelstarken Strömen sowohl Schliessungs- als Oeffnungszuckung; bei starkem aufsteigenden Strome bleibt dagegen die Schliessungs-, bei starkem absteigenden die Oeffnungszuckung aus. Eine Rückwirkung einer gereizten unteren Partie auf das damit zusammenhängende obere Stück wird nicht deutlich.

C. Unipolareffecte.

§. 274. Die Spannung des Inductionsstromes bei unipolarer Ableitung ist an der secundären Spirale durch keine feinere Reaction erweislich, als diejenige des reizbaren Nerven. Die unipolaren Zuckungen erscheinen vorwaltend bei den Oeffnungsinductionsschlägen, während die Schliessungsspannung wenigstens bei dicht gedrängten Windungen der Primärspirale zu langsam ansteigt, um einen Erfolg zu geben. Ableitende Berührung des Organes und freien Spiralendes erhöhen die Unipolarzuckung, welche, wo sie unbeabsichtigt eintritt, die genaue Beschränkung und Abmessung der Reize erschwert. Durch die sowohl in der Grösse der Induction, als von der Ausdehnung der abgeleiteten Strecke abhängige Unipolarreizung wird nämlich der elektrische Einfluss über seine unmittelbaren Grenzen hinaus auf Nerventheile verbreitet, deren meist unberechenbare Mitwirkung die sichere Abschätzung des Hauptresultates oft unmöglich macht. Wo die inductive Einwirkung nicht allzu mächtig ist, kann die Unipolarzuckung durch sorgfältigste Isolirung der thierischen Theile hintangehalten werden. —

Von der secundären Spirale des Funkeninductoriums habe ich unter Anwendung von zwei 10cm. hohen Grove'schen Elementen ohne besondere Vorsichtsmassregeln der Ableitung Unipolarschläge von solcher Heftigkeit erhalten, dass nur wenige meiner Jugendkräftigen Zuhörer sie wiederholt erproben mochten. — Budge macht zu den Unipolarreizen die Bemerkung, dass sie entgegen der sonstigen Erfahrung über den Vortheil der feuchten Application der Elektroden gerade auf der troknen Haut am stärksten wirken, was ich bestätigen muss und auch ganz erklärlich finde. Die Befeuchtung der Epidermis hat bekanntlich gerade den Zweck, den Schmerz, welchen der in vereinzelten relativdichten Fäden, wahrscheinlich nur durch die Schweissporen hereinbrechende Strom in den sensiblen Hautnerven hervorruft, zu mässigen und die Wirkung des volleingeleiteten Stromes zu internen, vornehmlich muskularen Effecten zu verwenden.

Diese sind denn auch unter solchen Umständen verstärkt, bei der Unipolarreizung aber in Ermangelung einer bestimmt beschränkten Stromableitung an sich von untergeordneter Bedeutung, weshalb denn die bei trokner Oberhaut kräftige sensible Erregung in den Vordergrund tritt. — Weiters vindicirt Budge der Unipolarwirkung eine grössere Macht aus kleiner Entfernung, als in unmittelbarer Nähe, rühmt den Vorzug spitziger Auslader, gedenkt der baldigen Abstumpfung des Hautreizes unter angelegt bleibender Elektrode, und findet analog der Behandlung statischer Elektricität grosse Schwierigkeiten der Isolirung, indem unter Anderm ein trokner Glascylinder, umhüllt mit Wachstuch, überzogen mit Schellak und eingesteckt in eine zweite Glasröhre einer in der Mitte befindlichen Froschschenkel nicht vor der Unipolarzuckung schütze. — Als 1860 an der russischen Universität Charkoff eine Batterie von 1000 Grove'schen Elementen aufgestellt wurde, bat Budge in Erwartung starker Unipolareffecte Prof. Lapchine um einige Versuche. Dieser brachte durch unipolare Application einer Metallbürste Schmerz und rothe Flecken auf der Haut hervor, zumal an befeuchteten Stellen, fand bei Ableitung des einen Poles am andren einen schwach säuerlichen Geschmack, und versetzte durch unipolare Nervenreizung den Froschschenkel in beträchtliche Zuckungen. —

D. Elektrisches Leitungsvermögen organischer Körper.

§. 275. Eine wirklich gute Leitung der Elektricität ist ausschliesslich an den Metallen aufgefunden worden. Dass dieselben zugleich die besten Leiter der Wärme sind, und dass überhaupt für das Verhalten der wägbaren Stoffe hinsichtlich der Verbreitungsweise dieser beiden physikalischen Kräfte eine grosse Analogie, vielleicht sogar abgesehen von wenigen, zudem nicht ganz unanfechtbaren Ausnahmen die nämliche Stufenfolge herrscht, ist wohl nicht rein zufällig, sondern in einer Beziehung der inneren Vorgänge begründet, welche objectiv vermuthlich in einer gemeinsamen vibratorischen Grundlage besteht.

§. 276. Während bei der metallischen Elektricitätsleitung die zweifellos stattfindende molekularmechanische Umlagerung in ihrem oberflächlichen oder tieferen Gefüge zu keiner chemischen Aenderung dieser Stoffe führt, liegt die Eigenthümlichkeit der Elektricitätsverbreitung in den meist flüssigen oder doch Wasserreichen Leitern zweiter Klasse gerade in den internen atomistischen Modificationen, welche in der Elektrolyse den Ausdruck für einen Process gewinnen, dessen Fortschreitung von Stufe zu Stufe durch die Ausführung einer bestimmten Arbeit bedingt ist. Diese absorbirt hier nach Zeit

und Ausdauer eine solche Kraftfülle, dass deren Vorschritt in noch viel erheblicherem Grade verlangsamt wird, als in weniger gut leitenden Metallen, deren desfallsige geringere Leistung durch Temperaturerhöhung compensirt wird.

§. 277. Im Falle dieser feuchten Leiter befinden sich die organischen Gewebe, welche einerseits in ihrem Verhalten gegen die Fortschreitung der Elektricität vornehmlich von der Durchtränkung mit salzhaltigem Wasser bestimmt werden, anderseits viel weniger in den Leitungsverhältnissen, als eben in den namhaft gemachten Formen der inneren Arbeit, welche von der thermischen Schwankung im Wesentlichen nach dem Schema der Elektrolyse oder der molekularmechanischen Erschütterung durch die Phasen der Contraction und der secretorischen Anregung bis zu den Sinnesempfindungen und den psyhischen Functionen sich emporschwingt, Grad und Werth ihrer Beziehungen zur Elektricität verrathen.

In physikalischem Betracht sind alle organischen Stoffe schlechte elektrische Leiter. Ausser der Erhöhung ihres fraglichen Vermögens durch Feuchtigkeit — möglichst ausgetroknet isoliren sie fast vollständig — ist die Temperatur in positivem Sinne ein einflussreicher Factor. Nur ihr muss es zugeschrieben werden, wenn der lebende menschliche Körper besser leiten soll, als der todte, und mit ihr stehen vielleicht in Zusammenhang die indess sehr vorsichtig aufzunehmenden Angaben über, häufiger negative als positive, elektrische Leitungsdifferenzen des erkrankten Organismus. Grössere derartige, gewiss jedoch höchst seltene, Abweichungen könnten eintreten, wenn ganz bedeutende umfangreiche Entmischungen in den auf ihr Leitungsvermögen beanspruchten Geweben, oder was noch eher annehmbar erscheint, beträchtliche Schrumpfungen durch Feuchtigkeitsverlust stattgefunden hätten. An der Epidermis namentlich ist der Zusammenhang beinahe vollkommener Isolirung mit grosser Trockenheit und verhältnissmässig guter Leitung mit ergiebiger Durchfeuchtung wohlbekannt und oft benützt. In Fiebern also, wo diese zwei entgegengesetzten Zustände der Hautoberfläche periodisch in den Stadien der Hitze und des Schweisses eintreten, würde sich ein wechselnder Unterschied des elektrischen Leitungsvermögens leicht erklären lassen, aber rein äusserlich begründet sein, und, wie wohl immer, in keiner wesentlichen Verbindung mit dem wahren Krankheitsprocess stehen.

In anatomischer Hinsicht hängt das elektrische Isolirungs- oder Leitungsvermögen der Haut von der Dicke der abgelagerten Zellschichten und von der, auf einen bestimmten Flächenraum fallenden, Anzahl der, gewissermassen die Einlassöffnungen des elektrischen Reizes bildenden, Schweissdrüsen oder Poren überhaupt ab, kann mithin an demselben Körper vielfältig und zwar in relativem Werthe von

1 bis 75 fach variiren. — In welch enormem Masse der Widerstand der Epidermis die Verbreitung des elektrischen Stromes schwächt, ja geradezu hindert, wussten schon Ritter und Humboldt, welch letzterer bei seinen mit Selbstverläugnung durchgeführten Versuchen „über die gereizte Muskel- und Nerven-Faser" dieselbe an verschiedenen Leibesstellen durch Blasenpflaster entfernte.

Als eine von theoretischen Vorurtheilen verschuldete Verirrung ist die lang blind angenommene Meinung von der guten elektrischen Nervenleitung zu bezeichnen, welche doch, wie schon hervorgehoben, offenbar mit der dabei in Aussicht genommenen engeren Beziehung der Nerven zur Elektricität gar nichts zu thun hatte, übrigens schon 1805 durch Heidmann und 1830 mit mehr Erfolg von Person bekämpft wurde. Auch Weber und Lenz machten Versuche über diesen Gegenstand, und wären zu noch besseren Resultaten gelangt, wenn sie die störenden Polarisationserscheinungen an den Elektroden beachtet hätten. — Harless gibt das elektrische Leitungsvermögen der Nerven zu 12 bis 17 mal grösser an, als dasjenige des destillirten Wassers. Der Leitungswiderstand der Muskeln soll nur die Hälfte des nervösen sein, derjenige der, früher gleichfalls in diesem Betreff sehr gut qualificirten Knochen das 16—22 fache des muscularen Werthes betragen. (Eckhardt.) —

Einen neuerlichen Vertreter verhältnissmässig guter elektrischer Leitung haben die Nerven in Moriz Benedict (1868) gefunden. Derselbe erklärt alle Angaben über den nervösen Leitungswiderstand für zu hoch, weil der Nerv am schnellsten unter allen thierischen Geweben durch Trennung vom Gesammtorganismus, Austrockung und elektrische Einflüsse selber seine molekularmechanischen Eigenschaften so gründlich ändere, dass nachträgliche physikalische Bestimmungen an ihm wenig unmittelbares Vertrauen verdienen. Er erinnert ferner daran, dass Ranke die elektrische Leitsamkeit des lebenden Muskels zweimal kleiner gefunden habe, als diejenige des ausgeschnittenen, demnach sofern der Widerstand des letzteren als Einheit einschlägiger Vergleiche oder Messungen gewählt zu werden pflegte, für diese eigentlich der doppelte Werth gesetzt werden müsse, wonach die Angabe Eckhard's, dass der Leitungswiderstand des ausgeschnittenen Nerven zweimal so gross als derjenige des ausgeschnittenen Muskel sei, auf Gleichheit des relativen Leitungswiderstandes des Nerven mit dem des lebenden Muskels führe, selbst wenn der lebende Nerv nicht besser leiten sollte als der ausgeschnittene. In letzterer Hinsicht sei aber der experimentale Beweis, dass die Nerven die besten Leiter unter der thierischen Gewebe sind, folgendermassen zu liefern: „Setzt man den Kupferpol einer Batterie auf den Nerven eines Versuch-Individuums, und nimmt man den Zinkpol selbst in die befeuchtete Hand und

streicht mit der anderen befeuchteten Hand über den befeuchteten Oberarm des Versuchindividuums, so fühlt man selbst die stärkste Zuckung, wenn der tastende Finger über einen Nerven kommt, und kann man mit geschlossenem Auge auf diese Weise diejenigen Punkte finden, wo ein Nerv unter der Haut liegt und wie er verläuft." — Die Leitsamkeit des Gehirnes für den elektrischen Strom soll Erb unter Application der Pole an Schläfe und Nacken nachgewiesen haben, — früher schon, doch ohne Veröffentlichung: Bettelheim.

Im Anfang des dritten Decenniums unsres Jahrhunderts stellte Rousseau Untersuchungen über die elektrische Leitung fetter Stoffe an. Danach besitzt Olivenöl in Vergleich zu andren Pflanzen- und Thier-Oelen ein sehr schwaches Leitungsvermögen, indem für gleiche Ablenkungseffecte der elektrische Einfluss bei ersterem 40 min., bei Mohnöl nur 27 sec., auch bei jenem aber nach Vermischung mit besser leitenden Oelen bloss 10 min. zu dauern hatte. Olëin leitet viel besser als Stearin, woraus sich erklärt, dass die an letzterem reicheren festen animalischen Fette unter denselben Umständen dem Strom weit grösseren Widerstand bereiten, als die demselben Organismus entnommenen öligen Substanzen. — Die elektrische Leitungsfähigkeit der thierischen Fette wurde um so kleiner gefunden, je älter das Individuum war, von welchem sie herstammten. — Um auch nur dünne Fettlagen zu durchbrechen, gehören übrigens, wie Jacobi auf elektromagnetischem Wege fand, hoch gespannte Ströme dazu. Für schwache einfache Ketten erklärt Poggendorff Talg und Oel sogar als vollkommene Isolatoren, indem getalgtes Papier oder eine dünne flüssige Oelschicht zwischen Plattenelektroden den Uebergang der Strömung gänzlich hinderten. Beim Eintauchen metallener Platten, welche die Pole stärkerer Säulen bilden, in verdünnte Säuren oder Salzlösungen wird indess die galvanische Wirkung durch sehr zarte Fettüberzüge der ersteren nicht aufgehalten, während doch durch dies Verfahren Henrici's Schutz gegen den chemischen Angriff der Flüssigkeit auf das Metall gewährt ist. — Auch die einfache Kette lässt den Strom sichtlich auf Oele einwirken, wenn die plattenförmigen durch spitzige Elektroden ersetzt werden; dann zeigen Terpentin- oder Mandelöl besonders nach vorangegangener Erwärmung eine mit Lichtschimmer einhergehende Zersetzung. (Poggendorff.) —

§. 278. An einem vielgebrauchten Pflanzenstoff, der Guttapercha wurde zuerst 1848 durch Faraday ein eminentes elektrisches Isolirungsvermögen nachgewiesen, das um so nützlicher erschien, als es auch unter Witterungsverhältnissen bewahrt blieb, welche das Glas oberflächlich leitsam machen. Nur eine völlig homogene Masse, deren Schnittfläche allerwärts einen ganz gleichmässigen Harzglanz zeigt, ist im Besitz dieser, für die hier nicht weiter zu verfolgende

elektrische Technik äusserst schätzbaren, auch von der gehärteten Kautschukmasse getheilten, Eigenthümlichkeit. Weniger gleichförmige trübaussehende Stücke leiten die Elektricität, können jedoch durch Erhitzung, Streckung und Knetung ebenfalls isolirend gemacht werden. — Dagegen verschaffte umgekehrt W. Siemens gewöhnlicher Guttapercha durch gelinde Erwärmung namhafte Leitungsfähigkeit. Während nämlich ein mit Guttapercha umpresster, in kaltes Wasser eingetauchter Kupferdraht von 5 dm. Länge bestens isolirt erschien, zeigte das Galvanometer bei Umgebung des Drahtes mit Wasser von 40° C einen quer entweichenden Strom vom Ablenkungswerth 6° an, welcher sofort verschwand, sobald das warme wieder durch kaltes Wasser ersetzt wurde. Vielleicht hat hier die thermische Ausdehnung der Guttapercha Poren und Capillarkanäle zur vorübergehenden Communication des Metalles mit dem Wasser geöffnet, oder ist die Leitungsfähigkeit des letzteren für eine an sich schon vorhandene nur allzuschwache elektriche Ladung durch die Wärme gesteigert worden. —

3. Elektrotherapie.

A. Geschichtliches.

§. 279. Wenn bei den alten Schriftstellern davon die Rede ist, dass die Römer rheumatische Anfälle durch Berührung des Zitterrochens geheilt oder doch gebessert hätten, so kann dies thatsächlich als die erste Spur elektrotherapeutischer Versuche aufgefasst werden, wissenschaftlich ist sie es natürlich nicht, weil abgesehen von dem, der vermuthlich rein empirischen Handlung überhaupt anklebenden, Mangel jeder rationellen Deutung keinesfalls an die Elektricität gedacht wurde, welche erst nach der Bekanntschaft mit den Schlägen der Leidener Flasche in Beziehung zu jenen Thieren kam.

§. 280. In Mitte des vorigen Jahrhunderts behandelte Jallabert in Genf Lähmungen und ähnliche Zustände mit der Einwirkung der Reibungselektricität, von welcher bald in Form momentaner Erschütterungsschläge, bald der als elektrische Douche bezeichneten Spitzenausströmung oder der Funkenziehung aus isolirten Menschen bis in die neuesten Zeiten eine gelegentliche Anwendung gemacht wird, welche der Galvanismus und Elektromagnetismus mehr und mehr zurückdrängen. — Gleich von Vornherein musste der Vorzug einleuchten, welchen die in sehr schnellen vibratorischen Stössen oder in andauernder Strömung geschehende Durchleitung grosser Elektricitätsmengen durch den Organismus vor den bis dahin allein bekannten momentanen Spannungseffecten in der physiologischen Wirkung voraushaben musste, aber die Benützung des treff-

lichen Mittels geschah ziemlich planlos und willkürlich, so dass alle einschlägigen Unternehmungen, welche sich mit Vorliebe der chemischen Wirkung des Stromes zuwandten, nur vereinzelten und vorübergehenden Werth haben. — Schon 1801 wurde die elektrolytische Auflösung der Harnsteine versucht, nachdem zuvor Salpetersolution in die Blase gespritzt war. 1834 schlug Pravaz die gründliche Eiweissabscheidung durch den Strom auf dem Wege der Gerinnung am positiven Pol zur Anwendung in lebenden Gefässen rspt. Aneurismen vor, welche zuerst 1838 durch Liston am Menschen in Ausführung gebracht worden sein soll; Crussell und Lerche wollen mit dem positiven Pol einer starken Batterie Trübung und Verdunkelung der Krystallinse, mit dem negativen aber ihre Wiederaufhellung zu Stand gebracht haben. Die Resorption von Hydrocelexsudaten, die Zerstörung von Granulation auf Geschwürflächen, die Reizung indolenter Geschwülste, die Abscheidung aufgenommener Metalle aus dem Körper, welcher in eine isolirte Metallwanne mit angesäuertem Wasser gesetzt ward, während die Pole einer Säule von 30 Elementen beziehlich in die Hand gegeben, und an die Wanne befestigt wurden, sind weiter hiehergehörige Versuche einer unsicheren Elektrotherapie.

§. 281. Drei Errungenschaften sind es, durch welche System in Theorie und Praxis dieses wichtigen Zweiges der Heilwissenschaft gebracht wurde: die Localisirung des Inductionstromes auf einzelne Organe durch Duchenne, die chirurgische Verwerthung der Galvanokaustik durch Middeldorpf, und die Empfehlung des constanten Stromes durch Remak. — Während das zweite Verfahren einen Triumph der galvanischen Technik bildet, ist die erste und dritte Angelegenheit auch für die theoretischen Fragen der Elektrotherapie wichtig.

Die erfolgreichen Arbeiten Duchenne's gründen sich auf den 1847 aufgestellten, doch erst 1850 in die Oeffentlichkeit gedrungenen Satz, dass man den elektrischen Strom auf bestimmte Punkte unter der Haut localisiren könne, wenn man die Spitzen der Stromgeber mit feuchtem Leiter umgäbe und dieselben dort kräftig auf die Haut drücke. — Zwei Jahre lang fand die neue Methode allseitigen Beifall und unveränderte Verbreitung; dann trat durch Remak die Modification ein, oder wurde doch gegenüber dem Duchenne'schen Verfahren der unmittelbaren Muskelfaradisirung zur Erwägung hingegeben, dass, um eine Muskelcontraction hervorzubringen, viel zweckmässiger sei, dessen motorischen Nerven zu reizen, als den Strom auf die Muskelsubstanz selbst sich ausbreiten zu lassen. Duchenne hatte letzteren Modus als indirecte Faradisation wohl auch in Betracht gezogen, doch bloss für Ausnahmfälle empfohlen, behauptete indess später der Remak'schen Kritik gegenüber, er habe eigentlich

immer die elektrische Muskelreizung auf nervösem Wege geübt, und nur eine besondre Bemerkung darüber für unnöthig gehalten. Es lässt sich jedoch aus seinen Originalmittheilungen leicht zeigen, dass er die Elektroden stets auf die Muskelbäuche als solche applicirte und sich der Bedeutung seiner rein empirisch gefundenen „points d' election" als Eintrittstellen der motorischen Nerven nicht bewusst ward. Der Remak'sche Satz stellt daher unläugbar einen Fortschritt dar, hätte aber nicht bis zur gänzlichen Verwerfung der directen Muskelfaradisation vorschreiten sollen, da diese um so mehr möglich, ja nothwendig, oder vielmehr von selbst eintretend ist, als bei manchen Muskeln der Nerv zu tief liegt, der Strom aber denselben nicht an beliebiger Stelle aufsucht, sondern eben im Organ wie überall den Weg der besten Leitung sucht und geht. —

Um die praktische Lösung der Frage, in wie weit die nervöse Reizung der Muskeln am bequemsten und vortheilhaftesten sei, hat sich v. Ziemssen das grösste Verdienst erworben

„Indem man dem elektrischen Strome durch Umhüllung der Elektrodenspitzen mit feuchten Leitern und durch Anfeuchtung der Epidermis, sowie durch kräftiges Aufdrücken der Stromgeber den Weg durch die Epidermis bahnt, kann man durch ziemlich dicke Lagen von Weichtheilen, nämlich durch Corium, Fettpolster, Fascien und selbst durch Muskelschichten hindurch Nervenzweige reizen und zur Aeusserung ihrer specifischen Energie anregen, ohne doch die sensiblen Hautnerven soweit zu beleidigen, dass Reflexactionen oder heftige Schmerzempfindungen auftreten. Diese Wirkung des elektrischen Stromes in die Tiefe geschieht jedoch nur an den Punkten, an welchen der positive und negative Strom in den Körper eintreten. Zwischen beiden Eintrittstellen folgt der Strom den Flüssigkeiten in den Geweben und setzt keine Reizungserscheinungen, es sei denn, dass eine sehr beträchtliche Stromstärke zur Anwendung käme. Aber auch in diesem Fall zeigen sich die Reizeffecte nicht auf der ganzen Verbindungsbahn zwischen den Eintrittstellen, sondern bleiben auf die nächste Umgebung der letzteren beschränkt."

Zwischen den Elektroden wird nämlich im Organismus der Strom die mit der meisten Feuchtigkeit durchtränkten und den grössten Querschnitt darbietenden Gewebe, wie Muskeln und Bindegewebe durchlaufen, während die Nerven in dieser Hinsicht nicht das mindeste Vorrecht haben, vielmehr als fadenförmige Körper von verhältnissmässig grosser Länge und geringer Dicke der Elektricität grosse Widerstände bereiten, also nur dann von ihr gereizt werden, wenn der Leitungswiderstand ihrer Umgebung noch grösser ist, wie an der Oberhaut oder wenn die durch feuchte Leiter getrennten Widerstände von Epidermis, Corium, Fettpolster, Fascien zu einer gemeinsamen Grösse vereinigt werden. Ein genau den physikalischen und geometrischen

Verhältnissen entsprechender Antheil der elektrischen Strömung wird freilich immer auch den Nerven treffen, und wenn dieser während der Dauer des Einflusses nicht reagirt, so thut er es doch stärker oder schwächer in den Momenten der Stromschliessung und Oeffnung, oder in den gleichwerthigen des Ein- und Austrittes, wie er unter Anderm an plötzlichen Unterbrechungsstellen der nervösen Bahn stattfinden könnte.

B. Die elektrische Untersuchung.

§. 282. Sowohl zur allgemeinen Erkennung nervöser und muskularer Krankheitsprocesse, als inbesondre zur Entscheidung der therapeutischen Vorfrage über die Anwendbarkeit der Elektricität ist wohl diese Kraft selber das beste Prüfungsreagens.

Hiebei wird vornehmlich die Aufmerksamkeit zu richten sein auf etwaige Abnormitäten des Zuckungsgesetzes, auf die Ansprechsfähigkeit des Organes hinsichtlich der nothwendigen Reizstärke, auf die Ermüdungs- und Erholungs-Verhältnisse der in Angriff genommenen Theile.

Nach Benedict und Neumann führt die Anwendung des galvanischen (constanten) und des faradischen (Induction) Stromes keineswegs zu den nämlichen Resultaten, was physikalisch begreiflich, ja vorauszusehen ist. Denn wenn schon im gesunden Zustand der Nerv auf die andauernd ihn durchfliessende Elektricität anders antwortet, als auf die einmal oder in kurzer Folge ihn treffenden Stösse oder Schläge, so dürfte ein durch störende äussere Einflüsse, durch krankhafte innere Ereignisse, oder durch im Genesungsstadium wieder mächtiger werdende doch leicht gefährdete Ausgleichungsbestrebungen erschüttertes, vielleicht beständig in ungewohnten molekularmechanischen Bebungen erhaltenes Organ noch um Vieles leichter nicht bloss an sich verschiedenartig sondern auch von der Norm abweichend reagiren, je nachdem ein für messbare Zeit constant erhaltener elektrischer Strom durch dasselbe gesendet oder ein augenblicklicher Eindruck darauf geübt wird. Im Allgemeinen wird die letztere Probe entschiedener ausfallen, es kann aber auch eine pathische Atomarchitektonik eingetreten sein und für einige Zeit bestehen, bei welcher Stromschwankungen indifferent oder in verkehrtem und verwirrtem Sinne wirksam erscheinen, während die constante Strömung physikalisch erkenntliche Störungen unter den Molekülen von anomaler Gleichgewichtstellung hervorruft. In der Regel wird sich in späteren Stadien des Leidens, der Genesung oder der organischen Veränderung überhaupt das elektrische Reactionsverhalten nicht nur dem Grade sondern auch der Art nach anders gestalten, weshalb eine mehrfache und wenigstens in wichtigeren Fällen doppelte Untersuchung auf galvanischem und faradischem Wege wünschenswerth erscheint. — Dieses

sind wohl die einzigen hier in Betracht kommenden elektrischen Explorationsmethoden, denn das schon erwähnte allenfalls differente Leitungsvermögen erscheint, wenn sich überhaupt etwas feststellen lässt, pathologisch von höchst untergeordneter Bedeutung, und die, auch nach der fraglichen Richtung hin allerdings werthvolle, Erforschung der elektromotorischen Kräfte der Nerven ist während des Lebens fast gänzlich ausgeschlossen.

§. 283. Die Untersuchung der motorischen Nerven geschieht durch absteigende galvanische Ströme, in welche man auch die Rückenmarkswurzeln oder Plexusgebilde einschalten kann. Benedict hebt auf Grund derselben als ein wichtiges Zeichen erhöhter Erregbarkeit das Auftreten ungewöhnlicher Oeffnungszuckungen hervor, welche er bei Tabes, Neuritis und kleinem Veitstanz erscheinen sah. Er schliesst aus ihnen auf tiefe Alteration des nervösen Molekular-Mechanismus.

Den sensiblen Nerven gegenüber hat man bisher bloss untersucht, wie sich bei Anästhesie das Hautgefühl gegen elektrische Reize verhält, woraus indess ohne besondre Prüfung von Nervenstämmen, Wurzeln und Plexus nichts Sicheres zu schliessen ist. — Im Allgemeinen hängt bei Gesunden die Fortschreitung der elektrischen Reizempfindung durch die Nervenverzweigungen nur von der Intensität des Stromes ab, bei Kranken in abnormer Erscheinung auch vom Einfluss intensiver oder weit verbreiteter pathologischer Processe. — Erhält man bei Hautanästhesie auf Reizung des Nervenstammes normale Empfindungen, so lässt sich ein Leiden der letzteren, wie des Rückenmarkes und Gehirnes ausschliessen, während bloss die beiden Centralorgane gesund sind, wenn erst die Reizung der Plexus Gefühlsreaction auslöst. — Wenn bei cutaner Hyperästhesie die Reizung des Nervenstammes eine normale Empfindung hervorruft, besteht jene ausschliesslich in erhöhter Reizbarkeit der äussersten Nervenausbreitungen. — Verminderte Leitungsfähigkeit, welche kaum in gewöhnlichem Sinne zu verstehen, sondern vielmehr auf eine trägere Herstellung der dem elektrischen Reiz entsprechenden Molekulardrehung zu beziehen sein dürfte, wird durch Verspätung der Gefühlsreaction angezeigt. Auf ungewöhnliche Verbreitung der Reize über sonst ausser Spiel bleibende Ganglienmassen deutet die Ausdehnung punctueller Angriffe auf grössere Körperräume und eine oft Minuten lange Nachwirkung. — Local empfindliche Stellen sind längs des Rückgrates mittels möglichst beschränkter Application der galvanischen Elektroden aufzusuchen, indem deren Anzahl und Lage über Erkrankungen innerer Organe, vornehmlich aber der Wirbel oft deutlichen Aufschluss gibt.

Totale oder streckenweise Empfindlichkeit des sympathischen

Nerven, welche durch Ansatz der Elektroden längs der Karotis constatirt werden kann, soll bei cerebralen Affectionen, progressiver Muskelatrophie, Bleivergiftung, Gicht fast immer vorhanden sein. Uebrigens springen die Folgen der elektrischen Reizung des sympathicus am Menschen bei Weitem weniger in die Augen, als im physiologischen Experiment an Thieren, vermuthlich wegen Mitbetheiligung antagonistischer Fasern am dort natürlich nicht, wohl aber hier meistens durchschnittenen spinalen Ende.

Den Sinnesnerven höherer Art kann man nur indirect beikommen und zwar dem Sehnerv durch Vermittlung des Trigeminus, dem Gehörnerv durch Einführung des Kupferpoles in den mit lauem Wasser gefüllten Gehörgang und Aufsetzen des Zinkpoles an der Halswirbelsäule. Man kann dabei kaum etwas Anderes beabsichtigen, als die Möglichkeit zu prüfen, durch grössere oder kleinere Stromstärken subjective Empfindungen auszulösen, was unter Umständen ein Urtheil über noch vorhandene oder zurückgekehrte Erregungs- und Functionsfähigkeit des Organes, mithin auch über bereits sicher gestellte oder noch in Aussicht stehende Errungenschaften therapeutischen Verfahrens begründet.

Die Nervenmassen des verlängerten Markes und Gehirnes sind der elektrischen Exploration unzugänglich, wenigstens würde mit der allenfallsigen Hervorlockung psychischer Symptome oder motorischer Combinationsphänomene diagnostisch weit weniger gewonnen, als durch die dazu nothwendigen mächtigen Ströme gefährdet werden. Pathologische Zustände des Rückenmarkes sollen sich durch graduell oder qualitativ veränderte Reaction auf elektrische Einflüsse zu erkennen geben, doch bei der theilweisen Zweifelhaftigkeit der einschlägigen physiologischen Thatsachen selber nur in höchst unsicherer Weise.

Auf muskularem Gebiete ist constatirt, dass gelähmte Muskeln auf elektrische Reize nur schwach reagiren. (?) Wo also über die der Paralyse verfallene Partie Zweifel besteht, kann die Diagnose durch den vergleichsweise grösseren und schwächeren Erfolg der galvanischen Durchströmung unterstützt werden. — Galvanotonische Contractionen antagonistischer Muskeln erklärt Remak für einen Beweis der centralnervösen Stromrichtung. —

Als sonstige Prüfungsobjecte können hingestellt werden: die elektromuskulare Sensibilität, die Reflexerregbarkeit, namentlich in Form der gekreuzten Reflexe, die diplegischen Contractionen, die Reizbarkeit der Gefässnerven, wodurch anfänglich eine Verengerung, erst bei langer Einwirkungsdauer des Stromes Erweiterung der Lumina eintritt, endlich die gleichzeitige Beziehung von Gift und Elektricität zu den Nerven, in welcher Hinsicht Botkin fand, dass Atropin galvanisirte Nerven rascher deprimirt, als normale.

C. Elektrotherapeutische Methoden.

a. Allgemeines.

§. 284. Die Heilerfolge der Elektricität hängen vorzüglich von der richtigen Application dieser Kraft ab und ist hiebei in erster Linie zu bedenken, dass der Hauptreiz auf die unmittelbare Nähe der Elektroden, namentlich der negativen, beschränkt ist, diese demnach an dem möglichst scharf diagnosticirten Ort des Leidens in der Regel ihren directen Ansatz finden sollen, mit welchem unter Umständen über mehrere, selbst viele Punkte des Organes hin allmälig zu wechseln ist. Demgemäss kann bei bestimmten Anzeichen für cerebrale Affectionen nur, wenn auch mit geringer Aussicht auf günstigen Erfolg, die directe Galvanisirung des Kopfes der Länge oder Quere nach, schon mehr in secundärer Weise etwa diejenige des Sympathicus durch, vom untersten zum obersten Halsganglion aufsteigende, Ströme empfohlen werden. Spinale Symptome erfordern auf- oder absteigende Ströme längs der Wirbelsäule, ferner Galvanisation der Rückenmarknervenwurzeln sowie Leitung der elektrischen Reize vom Rückenmark aus auf die muskularen und cutanen Nervenverzweigungen. — Während bei diesen centralen Anwendungen der Elektricität im Allgemeinen der constante Strom den Vorzug verdient, für dessen Stärke, wie bei elektrischer Reizung überhaupt, wenigstens anfangs, man sich an der tiefsten Schwelle der Empfindlichkeit aufhalten, bei weiterer Steigerung aber daran denken wird, dass die Erregbarkeit der Organe mit der Einwirkungdauer der Reize zu wachsen pflegt, — eignen sich peripherische Affectionen eher für die Faradisation, d. h. die Anwendung rasch unterbrochener Inductionsströme, mit feuchten Elektroden (Ueberbindung von Leder oder Schwamm) wenn vornehmlich die Muskeln erregt werden wollen, mit troknen (Metallkugeln, Plättchen, Spitzen, oder pinselartig verbundenen metallenen Fäden), wenn es auf empfindliche Hautreize abgesehen ist. — Oft erreicht man die Leidensstelle nur mittels der Elektropunctur, indem die Poldrähte schwacher Ströme mit feinen subcutan zu versenkenden Nadeln verbunden werden. Besondre Formen dieser internen Reizung sind die Elektrolyse und Galvanokaustik, für welche zur angeblichen schärferen Distinction bei beabsichtigter Aufsaugung von Exsudaten und Ablagerungen Frommhold die Bezeichnung Elektrokatalyse, für die elektrische „Anbratung“ der Gewebe aber das von φρύγω hergeleitete Wort: Galvanophrygmos vorschlägt.

§. 285. In zweiter Linie ist die Intensität der angewandten Elektricität in Betracht zu ziehen. In der Mehrzahl der Fälle braucht

dieselbe keine allzuhohe zu sein, ja schmerzhafte Ströme sind, wenn die Empfindung einen gewissen unangenehmen, im Allgemeinen freilich schwer zu beschreibenden Grad erreicht, eher schädlich, als heilsam. Der in letzterer Hinsicht erwartete Erfolg steht überhaupt nie in einfachem Verhältniss zur physiologischen Reizkraft, ist fast nur empirisch zu eruiren, und theoretisch höchstens näherungsweise vorauszubestimmen, wenn alle Verhältnisse der normalen und krankhaft alterirten Reizbarkeit in Bezug auf die anwendbaren Formen der Elektricität genau bekannt sind. —

§. 286. Was Drittens die Dauer der elektrischen Einwirkung anlangt, so ist eine irgend beträchtliche Ausdehnung derselben meist von entschiedenem Nachtheil. Oft genügt die, nach Bedürfniss öfter wiederholte, Galvanisirung während einer halben Minute und kürzer. Am längsten können die Sitzungen bei Behandlung spinaler Leiden längs der Wirbelsäule dauern, dürften aber auch hier mit Nutzen kaum die Zeit von drei Minuten überschreiten. — Dagegen kommt sehr viel auf eine consequente Ausdauer des elektrotherapeutischen Verfahrens an, welches ohne allzuzahlreiche experimentale Variationen durch systematische Wiederholung einmal für gut befundener Eingriffe selbst in verzweifelten Fällen oft Wunderbares erzielt. — In letzter Zeit behandelte Le Fort Glaskörpertrübungen durch wochenlang andauernde schwache Ströme deren mit feuchter Leinwand umhüllte Kupfer-Elektroden den Schläfen applicirt waren. —

b. Der constante Strom und die Induction.

§. 287. Solang die Meinung galt, dass der Organismus bloss auf den Intensitätswechsel der ein- oder durch-geleiteten Elektricität reagire, konnten nur solche Apparate zur elektrotherapeutischen Verwendung gezogen werden, welche einen häufigen Wechsel von Stromschluss und Oeffnung gestatteten. — Im Wesentlichen handelte es sich darum, einen elektrischen Strom von nicht gar grosser Stärke aber genügender Ausdauer in regelmässiger Periodicität zu öffnen und wieder zu schliessen, den in den Unterbrechungsmomenten inducirten Strom aber durch den menschlichen Körper zu leiten. Letzteres war einfach durch geeignete Anlegung der Elektroden zu bewerkstelligen; den Strom aber, welchen diese zuführten, entnahm man einer besondren, unter Isolation concentrisch mit der primären, direct Strom leitenden Drahtrolle angebrachten secundären Spirale, oder, nachdem man sich überzeugt hatte, dass der Leiter in den freien Augenblicken in sich selber Ströme von einer dem Inductionsgesetz entsprechenden Richtung hervorruft, kürzer vom ersten und einzigen Schraubendraht. Allerdings wird von praktischen Elektrikern unter der Führung Duchenne's diesem Extrastrom eine etwas andere Wirkung zugeschrieben, als dem eigentlichen Inductionsstrom, und wenn der letztere von einem sehr langen und dünnen Drahte bezogen

wird, mit welchem die secundäre Spirale gegenüber dem kürzeren dicken Draht der primären gewöhnlich ausgestattet ist, mögen wohl seine Spannungseffecte diejenigen des ersteren übertreffen, aber innerhalb der Grenzen elektrotherapeutischer Versuche wird der Unterschied doch nicht so auffällig sein, um die einfache Vorrichtung des Extrastromes zu verpöhnen. — Die ein Hauptglied der in Frage stehenden Praxis bildende Unterbrechung des Stromes endlich kann durch verschiedenartige mechanische Processe eines periodischen Ablaufes geschehen, so etwa durch das Blitzrad, bei dessen Drehung eine am Rande schleifende Kupferfeder abwechselnd metallene und isolirende Speichen trifft; aber die elektro-magnetische Regulirung der Stromschliessung und Oeffnung ist abgesehen von ihrer präcisen, mit den wesentlichen Acten selbst Hand in Hand gehenden Arbeit schon desswegen die beste, weil hier die unmittelbar an den regelmässigen Wechsel der elektrischen Phasen gebundenen Vorgänge der Magnetisirung und Entmagnetisirung des Eisenkernes die physiologischen Wirkungen der Induction erhöhen. — Der elektromagnetische Inductionsapparat wird noch brauchbarer in der von du Bois Reymond vorgeschlagenen Schlittenform der secundären Drahtrolle, deren Sonderung von der primären hier wenigstens aufs Höchste gerechtfertigt ist, weil durch mehr oder weniger tiefes Hinüberschieben über den primären Stromleiter eine fast unumschränkte Steigerung der elektrischen Einwirkung gestattet ist. — Sehr zweckmässig wegen der Entbehrlichkeit der unbequemen galvanischen Batterie, doch etwas kostspielig ist endlich der Rotationsapparat, an welchem die elektrischen Ströme in dem über weiche Eisenkerne geschobenen Schraubendrahte dadurch erzeugt werden, dass jene bei der Drehung in rascher Folge vor den Polen eines constanten Hufeisenmagnetes vorüberwandelnd abwechselnd entgegengesetzte magnetische Polarität annehmen.

§. 288. Seit der constante Strom auf den physiologischen und ärztlichen Schauplatz getreten ist, kann man der Frage nicht ausweichen, ob und wann er oder die Induction an der rechten Stelle sei. Im Allgemeinen eignet sich nach in voriger Abtheilung gegebener Bemerkung jener mehr für die centrale, diese für die peripherische Behandlung des Nervensystemes, oft aber werden die besten Erfolge durch die Combination beider Einflüsse erzielt, indem nach dem zeitweisen Bedürfniss der eine mit dem andern abwechselt. — Der constante Strom wurde erst 1856 durch Remak in die Elektrotherapie eingeführt und auch dann noch mit wenig Vertrauen und Beifall begrüsst, so dass er bis zur Stunde nur mühsam und in beschränkter Weise zur wohlverdienten Berechtigung in medicinischer Wissenschaft und Praxis gelangte. Mag daran, wie von manchen Seiten vermuthet wird, zum Theil die allzu feurige Ueber-

schwenglichkeit des berichterstattenden Reformators die Schuld tragen, so ist doch auch der Schwierigkeiten, welche wenigstens Anfangs in technischer Hinsicht bestanden, und überdies eines physikalischen Missverständnisses nicht zu vergessen. Wie bei andren Gelegenheiten erwähnt wurde, imponiren die leicht übermächtig werdenden Effecte der Inductionsströme mit ihrer raschen und energischen Intensitätsschwankung dem stillen Wirken einer constanten oft nur bei Ein- und Austritt bemerklichen Strömung gegenüber so bedeutend, dass die Vermuthung, letztere möge überhaupt nicht viel ausrichten, um so leichter Entstehung und Verbreitung finden konnte, als sie im geringen elektrischen Leitungsvermögen der Nerven, auf welche es doch in der Regel vornehmlich abgesehen war, anscheinend eine unanfechtbare physikalische Stütze erhielt. Man vergass nur dabei, dass wenn auch ein verhältnissmässig kleines Quantum von Elektricität durch die Nerven geht, diese eben wegen der molekularmechanischen Structur dem schwächsten Reize gegenüber weit empfindlicher sind als alle übrigen Gewebe; gerade auf diese Feinheit der Reaction allein kann es aber im elektrotherapeutischen Sinne ankommen. —

§. 289. Für die theoretische und praktische Bedeutung des constanten Stromes sind v. Bezold's physiologische und Remak's pathologische Aufstellungen vom höchsten Werth.

Ersterer sagt: „Die Substanz der Nerven und Muskeln geräth in den Zustand der Erregung nicht bloss durch elektrische Dichtigkeitsschwankungen, sondern es ist wahrscheinlich, dass der in constanter Höhe in diesen Organen fliessende Strom fort und fort, so lang er in dieser Bahn strömt, den Molekularvorgang der Erregung erzeuge. Dieser findet bei positiven Dichteschwankungen und während des constanten Stromes zunächst und unmittelbar nur in der Gegend der negativen Elektrode statt, dagegen geräth die am positiven Pole befindliche Nerven- oder Muskelstrecke, wenn überhaupt, nur durch die Fortpflanzung des am negativen Pol hervorgebrachten Reizes in den erregten Zustand. — Der Molekularvorgang findet bei negativen Dichteschwankungen oder nach der Oeffnung der im Nerven und Muskel fliessenden galvanischen Ströme zunächst und direct nur in der Gegend der positiven Elektrode statt; diejenigen Nerven- oder Muskelquerschnitte, welche der negativen Elektrode benachbart waren, gerathen, wenn überhaupt, nur durch die Fortleitung der am positiven Pol entstandenen Reizung in den erregten Zustand. Sind die Kettenströme, deren Schliessung oder Oeffnung als Erregungsmittel dient, unter einer gewissen Stärke, so folgt der Molekularvorgang der Erregung in der Muskel- oder Nervenfaser nicht unmittelbar auf die positive oder negative Dichtigkeitsschwankung des Stromes, welche

der Schliessung oder Oeffnung desselben entspricht, sondern es vergeht eine von der Stärke dieser Ströme abhängige, in einem umgekehrten Verhältnisse zu derselben stehende Zeit, bis der Molekularvorgang der Erregung anhebt.“

In pathologischen Fällen steigt die Erregbarkeit des Nerven an der negativen, sinkt an der positiven Elektrode des constanten Stromes, ist auf der ganzen intrapolaren Strecke herabgesetzt, und bleibt auch extrapolar nicht unbeeinflusst. Dabei ist das elektrische Leitungsvermögen des Nerven verändert. — Am Muskel zeigt sich Aehnliches, bleibt aber intrapolar beschränkt, wie ja auch diese Organe dem hier offenbar in Betracht kommenden nervösen Elektrotonus unzugänglich sind. — Ermüdete Nerven und Muskeln werden in ihrem Erregungszustand vom constanten Strom merklich modificirt. Besonders bei aufsteigender Richtung bewirkt er eine kräftige und anhaltende Erfrischung des erschöpften Organes. — Die in dem krankhaften Extrem ihrer contractilen Function, im Tetanus erstarrten Muskeln dagegen werden aus dem Krampfe erlöst und erschlafft, wenn ein starker absteigender Strom sie selbst, die motorischen Nerven und vornehmlich das Rückenmark durchläuft. Leider ist von dem, wohl auch kaum über die Einwirkungszeit hinaus mit dauerhafter Nachwirkung ausgestatteten, Heilmittel kein Gebrauch zu machen, weil das schwächeren Strömen schwer und nur in ungenügendem Maasse zugängliche Rückenmark unter intensiver Erregung folgenschwere Alterationen erleidet. — Nach Rosenthal versetzt jeder constante Strom, welcher während einiger Zeit einen motorischen Nerven durchströmt, denselben in einen Zustand, in welchem die Erregbarkeit für die Oeffnung des einwirkenden und die Schliessung des entgegengesetzten Stromes erhöht, dagegen für die Schliessung des ersteren und die Oeffnung des letzteren herabgesetzt ist.

§. 290. Die therapeutischen Wirkungen des constanten Stromes bringt Remak unter drei Rubriken: 1) Katalytische; sie soll, gleichzeitig von antiphlogistischer Bedeutung, darin bestehen, dass der Strom, wo er einen abnormen, durch Fehler des Blutlaufes oder durch krankhafte Ausschwitzung gestörten Zustand der Gewebe beseitigt, sich nicht auf eine gewöhnliche Elektrolyse, eine der Wasserzersetzung analoge Veränderung beschränkt, sondern dass hiebei die durch Erweiterung der Blutgefässe bedingte Erleichterung des Kreislaufes und der Resorption eine wesentliche Rolle spielen. Bei einfachen Hypertrophien, als Ursachen rheumatischer Zustände könnte hier an eine unmittelbare Wegführung der Exsudate gedacht werden. Jedoch ist nicht zu vergessen, dass die nur kräftigen Reizen entsprechende Gefässerweiterung meistens bloss oberflächlich zu erzielen sein wird, häufiger aber eine Gefässverengerung den galvanischen

Einflüssen folgt, welche entweder, wie bei manchen Gelenkaffectionen an sich erwünscht sein, oder durch Herabsetzung der Ernährung die Aufsaugung flüssiger Absonderungen begünstigen kann. — 2) Antispastische Effecte werden darauf zurückgeführt, dass der Strom die Willensherrschaft über die krampfhaften oder zitternden Muskeln steigert oder durch katalytische Vermittlung Reize entfernt, welche Krampf hervorgerufen haben, auch wohl die erhöhte Erregbarkeit der Nerven und Muskeln, welche örtliche Krämpfe bedingt, mildert. — 3) Antiparalytische Einwirkungen mit Erregung und Wiederbelebung der theilweise abgestorbenen Organe, was indess, wenn überhaupt, weniger den constanten, als den labilen Strömen gelingt, deren schwankende Reize Remak in der That dadurch zu Gebrauch bringt, dass er die Elektroden auf der Haut hin und her gleiten lässt. — Für Ein- und Austritt des constanten Stromes fand derselbe ein ähnliches Verhalten der Organe, wie gegen den Inductionsstrom, zuweilen aber bei Lähmungen eine für diese oder jene Form vorwaltende Erregbarkeit. In complet gelähmten Muskeln und Nerven ist die Empfänglichkeit für Batterieströme manchmal erhalten oder selbst gesteigert, während diejenige für die Inductionsreize vollständig verloren gegangen ist. In solchen Fällen ist die Heilwirkung des constanten Stromes der des inducirten überlegen, wie denn überhaupt verständlich erscheint, dass in therapeutischer Hinsicht Lähmungen derjenigen Stromart am leichtesten und erfolgreichsten zugänglich sind, für welche das betroffene Organ die feinste Reactionsfähigkeit bewahrt hat, was sich mitunter im zeitlichen Verlauf der Ereignisse ändert; namentlich geschieht letzteres bei der allmäligen Wiederkehr der Motilität des erkrankten Organes, ist also im Allgemeinen kein ungünstiges Symptom.

§. 291. Im weiteren Verfolg der vergleichenden Untersuchungen über die physikalisch-physiologischen Differenzen des Inductions- und constanten Stromes finden wir von Neumann den Satz aufgestellt, dass die Erregbarkeit gelähmter Organe gegen momentane Ströme selbst von grosser Stärke gänzlich erloschen sein kann, während sie für länger dauernde Ströme auch von sehr geringer Kraft erhalten, sogar gesteigert erscheint. — Eulenburg statuirt verschiedene specifische Energien der motorischen Nerven für die galvanische, faradische und Willensreizung, von denen unter unbekannten Modificationen der molekularen Anordnung die eine oder andre aufgehoben sein könne, während die zweite und dritte, oder auch nur eine derselben unverändert fortbestünde. — Baierlacher lieferte den Beweis, dass in gelähmten Muskeln die Erregbarkeit für den Willen zurückkehren kann, ohne dass die Induction oder der constante Strom Reaction auslösen.

Duchenne's comparative Betrachtungen über die Erregbarkeitsveränderungen gelähmter Nerven und Muskeln für den Willen oder die Elektricität ziehen von letzterer bloss die Einwirkung der Intensitätsschwankungen herbei. Während nun Lähmungen desselben Organes und in Folge der nämlichen Schädlichkeit einmal eine normale faradische Contractilität, ein andermal eine Verminderung, wieder einmal den Verlust derselben darbieten können, tritt die Steigerung der Erregbarkeit für den Willen, welche vom faradischen Strom in therapeutischer Weise herbeigeführt wird, im ersten und zweiten Falle rasch, im dritten spät oder gar nicht ein. Auch kann die Erregbarkeit der gelähmten Nerven und Muskeln für den Willen durch den Inductionsstrom manchmal völlig wiederhergestellt werden, während die Erregbarkeit für diesen selbst auf tiefer Stufe stehen bleibt, in höherem Grade aber ganz mangelt, oder doch erst spät wiederkehrt.

§. 292. Die physikalische Erklärung der vorgetragenen differentiellen Resultate ist im Allgemeinen gar nicht und für besondere Fälle nur zuweilen möglich. Fast nichts als eine unmittelbare Verbalwiedergabe der Thatsache ist es, wenn Neumann die über den Augenblick hinausgehende Dauer des constanten Stromes als dasjenige physikalische Element bezeichnet, welches die bestimmten Reizeffecte an gelähmten Nerven und Muskeln erzielt, welche die momentane Dauer inducirter Ströme nicht hervorrufe. Etwas klarer wird die Situation durch den theils von ihm, theils von Ziemssen erbrachten Nachweis, dass am gesunden Muskel und Nerv die Stärke der Erregung in gleichem Verhältniss wie die Spiegelablenkung an der Tangentenboussole wächst, proportional sowohl der Stärke des Stromes, als der Zeitdauer, während welcher er in constanter Höhe fliesst. — Im Allgemeinen scheinen gelähmte Organe in ihrer elektrischen Erregbarkeit mehr an die Dauer als an die Intensität der Ströme gebunden zu sein, weil sie sehr schwachen constanten Strömen länger und besser antworten, als den stärksten Inductionsreizen. — Eine volle theoretische Einsicht und praktische Sicherheit wäre freilich erst erreicht, wenn man die Veränderungen in Structur oder Function der gelähmten Organe aufzeigen könnte, aus denen sich das verschiedenartige Verhalten gegen elektrische Einflüsse und die therapeutische Wirksamkeit derselben ableiten liesse. Am wahrscheinlichsten ist, dass die Ernährungsstörung des erkrankten oder verletzten Nerven der wichtigste Umstand sowohl für die pathologischen Erscheinungen, als für die Entwicklung der modificirten Erregbarkeit durch die Elektricität, mithin auch das eigentliche Angriffsobject für diese ist. — Die oft recht auffällig abweichenden Folgen des Willensimpulses und der elektrischen Einflüsse

sind einer gröberen neuroelektrischen Theorie nicht günstig, deuten vielmehr auf *verschiedenartige Molekularacte der inneren und äusserlichen Erregung* hin, dürfen aber auch nicht als Gegenbeweise einer verfeinerten Identitätslehre betrachtet werden, weil diese der vermuthlich mit der organischen Thätigkeit solidarisch verbundenen *elektromotorischen Anlage der Nerven* eine ganz andere, entschieden höher qualificirte Rolle zuweist, als einem dauernd oder periodisch einwirkenden elektrischen Strom.

c. Chemische und kaustische Stromwirkungen.

§. 293. Während die rein *physikalischen* Leistungen der Elektricität im Gebiete des Nerven- und Muskellebens wegen ihres vollkommen *molekularen* Schauplatzes erst in den, vom Hauptprocess vielleicht oft ziemlich fern liegenden Folgen klar erkenntlich und messbar werden, haben wir in den unmittelbaren stofflichen Veränderungen eines dem Strome verfallenen *Zersetzungsmateriales* oder in den Angriffen der *erhöhten Temperatur* seiner metallenen Leiter handgreifliche Zeichen der elektrischen Thätigkeit und der genauesten Beherrschung fähige Wirkungsformen derselben.

§. 294. Da die *Elektrolyse* wesentlich an die intrapolare Strecke gebunden ist, handelt es sich darum, die Elektroden unter möglichster Schonung der zwischenliegenden Gewebe als blanke Metallspitzen an den Ort zu bringen, wo sie, wie in aneurismatischen Säcken, Gerinnung hervorbringen sollen, welche stets am positiven Pole eintritt, weshalb der intact bleibende negative auch an die feuchte Haut gelegt werden kann, oder wo man Umstimmung krankhafter Secrete, Auflösung interner fester Ablagerungen, Anregung innerlicher Veränderungen in indolenten Geschwülsten erwartet.

Althaus stellte die *Elektrolyse thierischer Gewebe* unter *mikroskopische* Controle. Danach widerstehen auch die härtesten Gewebe, wie Knochen und Zähne, der Zersetzung nicht, welche indess dem raschen und intensen Verlauf nach allerdings mit dem Wassergehalt der Organe in geradem Verhältniss steht. Man sieht zuvörderst Anhäufung von Wasserstoffblasen am negativen Pol, dann zu gleicher Stelle den Absatz von Alkalien, welche das schon durch jenes Gas aufgelockerte Parenchym anätzen. In lebenden Theilen soll die Elektrolyse noch schneller als an todten Experimentalmassen vor sich gehen, und zwar bei richtiger Wahl der Stromstärke und passender Application der Pole ohne namhafte Folgen von Entzündung, Eiterung oder gar Brand. — Obliterationen der Gefässe und Neugebilde mit Tendenz zur Schrumpfung wären die pathologischen

Hauptobjecte für einen derartigen Eingriff, welchen Althaus in der Weise anordnet, dass er dem Zinkpol verbundene Nadeln in die Gefässe oder Geschwülste sticht, und den Kupferpol auf eine benachbarte Hautstelle legt. —

§. 295. Der thermische Effect des Stromes, welcher dünne Platindrähte in Glut versetzt, gewährt in der Galvanokaustik für Brenneisen und Aetzpaste einen aus drei Gründen werthvollen Ersatz. Einmal kann der Draht kalt, also sicher und bequem an den Ort seiner Bestimmung gebracht werden; dann vermag man ihm daselbst einen bestimmten und constanten Temperaturgrad genau für die als nothwendig erachtete Zeit zu ertheilen; endlich begünstigt seine Feinheit ebenso sehr die Erreichung schwer zugänglicher Leibesstellen, wie etwa Fistelgänge, als die örtliche Beschränkung der heftigen Einwirkung. Auch die Blutung ist in der Regel verhältnissmässig sehr gering, doch nur wenn die richtige Temperatur getroffen ist, indem die durchschnittenen Gefässe nach Intensität und Dauer der Einwirkung in der Wunde verschorft werden müssen. Bei allzugrosser Hitze des Drahtes geschieht die Trennung der Gewebe zu schnell, als dass die zur Sistirung der Blutung nothwendige Nachwirkung eintreten könnte, bei zu tiefer Temperatur aber finden leicht Verklebungen der verletzten Fasern und Häute mit den Stromleitern statt, so dass zum Theil gerissene Wunden entstehen, deren Blutung grösser und Heilung schwieriger, als erwünscht ist. Beide Uebelstände sind indess vermeidlich, da man jede Temperatur von wenigen Hunderten bis 2000° in seiner Gewalt hat je nach der Länge und Dicke des Platindrahtes, wie der Stärke des Stromes, zu dessen Erzeugung wenige aber grossplattige Elemente, von Stoehrer in Leipzig zu speciellem Zweck hergestellt, oder auch 4—6 Grove von 20—25 cm. Höhe und 500—600 qcm. Zinkfläche genügen. Bei gehöriger Disposition erzielt man leicht gutgeformte, rasch verschorfende, scharf begrenzte, kleine und doch genügend tiefe Wunden, indem, wie an lupus constatirt ward, eine einzige galvanokaustische Zerstörung zwanzig Höllensteinätzungen äquivalent ist und auch die Wirkung des Eisens, das weissglühend die Haut bei 1300° in 10 sec. 1 mm tief zerstört, übertroffen wird. — Nach dem besonderen chirurgischen Zweck ist die Gestalt der thermisch wesentlichen Elektroden verschieden, und man unterscheidet den gewöhnlichen Galvanokauter, welcher den Glühdraht in pincettenartiger Fassung hält, den Kuppelbrenner, den Porcellanbrenner, der den gewundenen Draht auf einer Porcellanolive trägt, den Stricturenbrenner und die Schneideschlinge.

Den ersten Vorschlag zur thermomedicinischen Benützung der Elektricität soll 1843 Steinheil gemacht haben, die erste Anwendung aber 1848 Heidler zur Nervenabtödtung eines schmerzhaften

Zahnes, System wurde jedoch in die Sache erst durch Middeldorpf von 1853 an gebracht.

Hinsichtlich besonderer Anwendungen genügt die Bemerkung, dass Zygmondi bei einer galvanokaustischen Amputation des Oberschenkels bloss die Unterbindung der arteria femoralis nöthig fand, und dass neuerdings die galvanokaustische Tracheotomie ein gewisses Aufsehen erregt hat. — Auf diesem Felde soll sich zuerst v. Bruns 1867 versucht haben, ohne indess seine, deshalb von Voltolini bestrittene, Priorität durch genaue Beschreibung des Falles zu sichern. 1870 verübte Amussat die Tracheotomie mit der galvanokaustischen Schneideschlinge, indem er mittels einer krummen Nadel den Platindraht durch die Haut und eine 2 cm lange Strecke der Luftröhre schob, und dann dessen Enden mit den Batteriepolen verband. Nützlich ist die während der Operation eintretende Compression der Gefässe, sonst aber luden die zahlreichen Misslichkeiten, worunter der völlig verdeckte Ablauf der Acte am schwersten wiegt, weil dadurch die rechtzeitige Berücksichtigung unerwarteter Zwischenfälle unmöglich oder doch erschwert wird, nicht zur Nachahmung des Verfahrens ein. Zwei Jahre später nahm jedoch Verneuil unter Anwendung des Galvanokauter den Gegenstand wieder auf, und Bourdon berichtet über sechs von und mit demselben behandelte Fälle, deren freilich nur zwei günstig abliefen. Als allgemeine Vortheile der galvanokaustischen Tracheotomie erscheinen die meist auf wenige Tropfen beschränkte Blutung — höchst wichtig, weil keine anämische Consequenzen zu befürchten sind, das Operationsfeld nicht verdekt wird, keine Zeit mit der sonst nothwendigen Blutstillung verloren geht, und kein Hustenreiz vorkommt —, der äusserst geringfügige Schmerz, und die Raschheit der nur 3—4 Minuten beanspruchenden Ausführung. — Der Galvanokauter soll aus einem dicken kurzen Draht bestehen und nicht allzuheiss sein, weil sonst die jähe Durchschneidung von grösserer Blutung gefolgt ist, welche freilich Krishaber 1873 bei zwei in Paris vorgekommenen Fällen trotz blosser Dunkelrothgluth des Galvanokauter doch nicht hintanhalten konnte. Jedoch sind dies immerhin Ausnahmen, in der Regel braucht man wegen voraussichtlichen Blutverlustes nicht sehr in Sorge zu sein, kann deshalb von einer straffen Streckung des Halses absehen, muss aber genau dessen Mittellinie treffen, weil mit dem Galvanokauter viel schwieriger die einmal eingeschlagene Richtung zu wechseln ist, als mit dem freier dirigirten Messer. Letzteres, welches Muron, gewissermassen zwei Verfahrungsweisen combinirend, in glühendem Zustand anwendet, wird manchmal bei der galvanokaustischen Methode zur Nachhilfe nöthig, wenn die am besten von Oben nach Unten zu durchschneidenden Knorpelringe der Trachea verknöchert sind. Betreffs der galvanokaustischen Wunde ist nur

noch zu bemerken, dass sie leicht trügerisch tief erscheint, weil durch die Verschorfung die Ränder anschwellen. (Schmidt's Jahrbücher der Medicin, 1874, IV. Heft.)

d. Reibungs-Elektrisir- und Elektro-Maschine.

§. 296. Die Reibungselektrisirmaschine in ihrer bekannten Zusammensetzung aus der am amalgambestrichenen Leder geriebenen Glasscheibe, den Saugspitzen und dem isolirten Metallconductor steht zur Zeit fast ganz ausser medicinischem Gebrauch. Doch ist nicht zu verkennen, dass da, wo von starken, kurzen, nach Bedürfniss wiederholten Schlägen kräftige allgemeine Erschütterung eines indolenten Organismus beabsichtigt und erwartet wird, jener Apparat auf einfachstem Wege die mächtigsten Einflüsse zur Verfügung stellt. So oft ich, stets auf ausdrücklichen Wunsch der Personen, von denselben Gebrauch machte, fand ich es zugleich unbedenklich und wirkungsvoll, unter herkömmlicher Ableitung des negativen Reibzeuges zum Boden dem Individuum einen auf dreieinhalbfüssiger Glassäule isolirten Funkenzieher in die Hand zu geben und damit dem Conductor die Schläge entnehmen zu lassen. — Ausserdem verdient vielleicht noch gelegentliche Beachtung die als Hautreiz wirkende Funkenziehung aus oberflächlich leidenden Theilen von Menschen, welche auf dem Isolirschemel sitzend mit dem Conductor der erregten Maschine in Verbindung gebracht sind. —

§. 297. Die Elektro-Maschine (Poggendorff) auch Elektrophor- oder Influenz-Maschine genannt, welche, wie mich tägliche Versuche belehren, eine äusserst werthvolle Bereicherung des physikalischen Instrumentenschatzes bildet und durch die Reichhaltigkeit ihrer experimentalen Leistungen in vielen Fällen ältere weit grössere und complicirtere Apparate entbehrlich macht, liefert eine solche Fülle elektrischer Kraft und kann zugleich auf Wunsch durch geringe Modification des Verfahrens eine so hohe Spannung verleihen, dass ihr von vornherein auch in medicinischer Hinsicht ein günstiges Prognostikon zu stellen war. Den constanten Strom kann sie nicht ersetzen, wohl aber häufig inductorische Einwirkungen vertreten, keinesfalls indess etwas ganz Specifisches leisten, was nicht auch auf andrem Wege erzielbar wäre. — Holtz selbst spricht sich über die physiologischen Wirkungen seines auf alte Principien gegründeten und doch in der Wirkungsweise überraschend neuen Apparates so aus: „Sie treten nur auf, wenn sich gleichzeitig eine Luftstrecke im Schliessungsbogen befindet. Lässt man den Funkenstrom direct auf die Haut übergehen, so bewirkt derselbe ein äusserst brennendes und stechendes Gefühl. Wird der menschliche Körper eingeschaltet, so kann

man schon ohne Flasche merkliche Erschütterungen spüren. Stehen aber die beiden Conductoren gleichzeitig mit der kleinen Flasche in Verbindung, so hat man, wenn die Elektroden aus Spitzen bestehen und so nahe sind, dass sie sich eben nicht berühren, schon das Gefühl eines ziemlich kräftigen Inductionsapparates. Durch allmälige Vergrösserung der Schlagweite lässt sich diese Wirkung dann noch beliebig verstärken, dürfte aber bei einer Entfernung von $\frac{1}{32}''$, wo noch immer viel mehr als 50 Entladungen auf 1 sec. fallen, nicht mehr erträglich sein."

1867 hat Clemens die medicinische Anwendung der Elektro-Maschine angeregt, aber nur kurz und in allgemeinen Ausdrücken; dagegen gehen die um ein Jahr später angestellten vergleichenden Versuche Schwanda's fast zu sehr ins Detail ein. — Danach ist die Einwirkung der Spannungsströme auf den Geschmacksinn bei mittlerer Grösse des Instrumentes, unter Benützung zweier Belege, mit Einschaltung einer Luftstrecke von 1—2 mm und einer Verstärkungsflasche nahezu gleich dem Effect eines constanten Stromes von 2—3 Elementen nach Siemens und Halske (Material der Daniel'schen Batterie: Zink in verdünnter Schwefelsäure, Kupfer in Kupfervitriol, aber sehr zweckmässig für den beständigen Gebrauch in der Form modificirt). — Weder der constante noch der Spannungsstrom erregt im Riechbezirk der Nase eine bestimmte Geruchsempfindung. — Bei Anlegung der Holtz'schen Elektroden an Stirne und unteren Augenhöhlenrand trat erst bei Einschaltung einer Luftstrecke von 1 cm ohne Verstärkungsglas Vibration der Musculatur, leichter Schmerz, aber keine Lichtempfindung ein; diese kam in Form eines bläulichweissen Schimmers endlich bei drei Kurbeldrehungen in der Secunde zu Stand, nachdem schon bei langsamerer Rotation unter Aufnahme einer Luftstrecke von 4—5 mm Lichtblitze synchron mit den Entladungsschlägen erschienen. — Eine Hörwahrnehmung konnte mit dem Spannungsstrom nicht hervorgerufen werden. (?) — Den sensiblen Nerven gegenüber und hinsichtlich der Einwirkung auf die Haut im Ganzen veranlasst die Application der Elektroden locales Stechen und Brennen mit nachfolgender Röthung, Abschuppung oder Bläschenbildung. Bei Einschaltung von Luftstrecken stellen sich einfach die Effecte reibelektrischer Funkenschläge ein, denen ein specielles Interesse weder physikalisch noch medizinisch zukommt. — In den Muskeln bewirkt der Spannungstrom klonische Krämpfe, Schmerz und Wärmegefühl. —

In therapeutischer Hinsicht leisten die Spannungsströme gegen Paralysen ungefähr dasselbe wie die faradischen. Bei Empfindungs-

lähmungen sollen sie unter Einschaltung einer Luftstrecke kräftiger als jene und die constanten Ströme agiren. Bei starker Beeinflussung der glatten Muskeln und Hautgefässe bringen die Spannungsströme passive Hyperämien und Schwellungen zum raschen Schwinden. — Ihr leichter Durchgang durch dicke und trockne Epidermisschichten (nicht vielmehr Hautporen?) und die eine isolirte Reizung ungemein begünstigende Feinheit der Funken erscheinen als Vorzüge der Anwendung, für deren Technik zu bemerken ist, dass die Zuleitungsdrähte wegen der leichten Ausströmung der hochgespannten Elektricität besser als durch gewöhnliche Umspinnung, etwa durch dichte Guttaperchahüllen isolirt sein müssen, dass die Anzahl der Umdrehungen zwar die Wirkungen steigert, doch praktisch bald eine Grenze erreicht ist durch Schwankungen der Maschine (wogegen man durch ein besonders für sie bestimmtes Tischgestell, ein Schwungrad und die wegen Freilassung der Hände überhaupt bequemere Drehung mittels eines Fusstrittes besser geschützt ist) und dass ohne Anwendung einer Ladungsflasche nach Leidener Princip nicht über 8mm Länge der eingeschalteten Luftstrecke hinausgegangen werden darf, wohl aber mit ihr.

D. Beispiele der Anwendung.

§. 298. Die Verfolgung der Elektrotherapie auf das Gebiet ihrer praktischen Pflichten liegt zwar nicht in der Aufgabe einer vorwiegend physikalischen Untersuchung, doch in der blossen Absicht einer beispielsweisen Erläuterung ihrer wichtigsten Resultate mag eine kurze Berücksichtigung des elektrotherapeutischen Gebrauches erlaubt sein.

Im Allgemeinen sind ausser den chirurgischen Fällen, in denen der chemische und thermische Einfluss der Elektricität indicirt erscheint, ausschiesslich oder doch vornehmlich nervöse und musculare Leiden allgemeiner oder beschränkter Art und verschiedenartigen ätiologischen Ursprunges das Material der elektrotherapeutischen Behandlung. So sind Sehstörungen durch Lähmung dieser oder jener Augenmuskeln vom elektrischen Strom bekämpft worden, indem man den negativen Pol in die Hand gab, den positiven aber mittels eines feuchten Schwammes an das geschlossene Augenlid legte. Schwerhörigkeit von angeblich nervöser Abstammung gab, wie es scheint, nur selten mit gründlichem Erfolg, dazu Anlass, die eine Elektrode in den mit lauem Wasser gefüllten Gehörgang zu versenken, die andre aber als Draht in die Tuba, oder als Platte an den Zitzenfortsatz zu legen, wobei voraussichtlich Trommelfell, tensor tympani, stapedius und die Tubenmuskeln am meisten ge-

reizt werden, jedenfalls mehr als die von Duchenne desfalls in erste Linie gestellte chorda tympani, und in welchem Betreff Brenner wohl mit Recht den constanten Strom dem inducirten vorzieht. Auf Paralyse der Stimmmuskeln beruhende Aphonie wurde sowohl durch äusserlich an der Haut des Halses als innen hinter dem Kehlkopf vorgenommene elektrische Reizung angegriffen.

Nachdem vorübergehend die Beseitigung tympanitischer Darmausdehnung durch Elektrisirung der Bauchwand, die von Duchenne versuchte energische oft wiederholte Reizung einzelner Punkte der Abdominalmusculatur bei Invagination, die leider nur schwache Zweigströme an den Ort der Entscheidung fördernde interne Galvanisirung der gelähmten Blase erwähnt sind, wähle ich aus dem elektrotherapeutisch wichtigsten Felde sensibler und motorischer Störungen zwei Fälle eigener Beobachtung, dann je einen Bericht von Ziemssen und Benedict.

§. 299. Im Februar 1872 befiel mich ohne bestimmt nachweisbare Ursache eine heftige Ischias der linken Seite, gegen welche ich zuerst den constanten Strom, dann den faradischen eines von einem Daniel'schen Element angeregten Inductionsapparates gewöhnlicher Art und kleinster Form anwandte, und zwar in einer täglichen Sitzung von 3 bis 5 Minuten. Da vornehmlich die oberste Partie der ischiadischen Verbreitung betroffen war, beschränkte ich die elektrische Behandlung auf die betreffende Region und erzielte in vier Wochen ohne jegliches andere Mittel anscheinend vollständige Heilung. Als ich jedoch im Frühling nach Leipzig übergesiedelt war, um einen zu diesem Zweck gewährten Urlaub für wissenschaftliche Untersuchungen zu verwenden, kehrte das Leiden, wie ich glaube, in Folge ungewohnter körperlicher Anstrengung, mit vermehrter Heftigkeit zurück. Ich wurde bei dieser Gelegenheit Herrn Geheimerath v. Thiersch zu tiefem Danke verpflichtet, indem derselbe durch mehrere Morphium-Injectionen mein Leiden namhaft linderte, ja für mehrere Monate gänzlich vertrieb. Im Spätherbst stellte es sich zum drittenmal ein, zwang mich eine unterdess weiter fortgesetzte Reise aufzugeben und in der Heimath eine dritte Kur vorzunehmen, zu welcher ich diesmal die magnetelektrischen Inductionströme eines guten Stöhrer'schen Rotationsapparates mittlerer Grösse wählte — nicht als ob ich etwa dieser Art von elektrischer Erregung eine besondere Wirkung zuschreiben wollte, sondern wegen der Bequemlichkeit in Aufstellung und Handhabung des ohne weitläufige Vorbereitung jeden Augenblick leistungsfähigen Instrumentes. Indem ich wieder die befeuchteten Elektroden beziehungsweise zwischen tuber ischii und trochanter major am unteren Rande des glutaeus maximus und an wechselnden Punkten

der Schmerz-Ausstrahlung täglich während 4—6 Minuten, manchmal aber viel länger anlegte und dabei durch Regelung der Drehungsschnelligkeit vom schwächsten bis zum noch ertragungsfähigen möglichst starken Gefühlseindruck emporging, dann wieder herabstieg, erzielte ich binnen drei Wochen Heilung, welche wenigstens bis zur Stunde eine vollkommene geblieben ist. — Derselbe Apparat hatte mir schon vier Jahre früher gute Dienste geleistet in einer partiellen traumatischen Lähmung, welche in Folge eines Olecranonbruches, oder vielmehr der daraus hervorgehenden Unthätigkeit und Ernährungsstörung an meinem rechten Oberarm eingetreten war. Dessen Functionsfähigkeit wurde durch zweiwöchentlich tägliche Reizung des musc. deltoideus wiederhergestellt. —

§. 300. Ueber einen interessanten Fall rheumatischer Facialislähmung, erworben von einem 18jährigen Schreinergesellen bei nasskaltem windigen Wetter des November 1863 auf einem Fussmarsch von Regensburg nach Erlangen berichtet v. Ziemssen. Bei der nach drei Wochen vorgenommenen Untersuchung erschien die Sensibilität der gelähmten linken Gesichthälfte sowohl gegen den inducirten, als den constanten Strom erhöht; dagegen ergab jener an keinem Muskel der betreffenden Facialisprovinz, mit Ausnahme einer schwachen Wirkung am Augenbrauenrunzler, nur die geringste Spur von Contraction. Der constante Strom erzeugt unter Schmerz, Lichterscheinung und säuerlichem Geschmack starke Schliessungs- und schwache Oeffnungszuckung Im Verlauf von zwölf elektrotherapeutischen Sitzungen, bei denen der eine Pol einer schwachen (von 6 Bunsen'schen Elementen an) oder stärkeren constanten Batterie im Nacken fixirt, der andre am entsprechenden Muskel oder Nerven applicirt ward, ergab sich, dass die Zuckungen der gesunden hinter denen der gelähmten Seite unter allen Umständen zurückblieben, dass weder die Erregbarkeit paralytischer Organe gegen den Inductionsstrom noch für den Willen vom constanten Strom sofort wiederhergestellt wird, dass mit der Abnahme der Gesichtverzerrung noch beträchtlicher die Erregbarkeit der kranken Theile gegen den constanten Strom zurückgeht, und bei normal gewordener Motilität fast ganz verschwunden ist, dass schliesslich auch die Reactionsfähigkeit der gelähmt gewesenen Muskeln gegen den Inductionsstrom wiederkehrt, doch tiefer steht, als an den gleichnamigen gesunden Organen, und dass nach Ablauf zweier Jahre bei völlig normaler Beweglichkeit die krank gewesene Seite für beide Stromarten gleichmässig reizbar ist, aber wie auch hinsichtlich der Sensibilität gegenüber der gesunden in vermindertem Grade. —

§. 301. Aus der reichhaltigen Leidensreihe der Neuralgien

hebe ich Benedict's Besprechung des berüchtigten tic douloureux hervor, an welchem neben seinem innigen Reflexbezug zu den sensiblen Nerven des Gesichtes besonders die Beziehung zu psychischen Phänomenen wichtig scheint, welche einerseits leicht Anlass der furchtbaren Schmerzparoxismen werden, anderseits in denselben entweder eine Abstumpfung oder eine enorme Aufregung erfahren, und das Verhältniss zum sympathicus, der auf der gleichnamigen Seite gegen Elektricität höchst empfindlich ist. Anfangs erzeugen Ströme von 3 — 5 Elementen Schwindel und Betäubung (elektrische Narkose), später unter geringerer Affection des sympathischen Nerven immer noch Aufregung und halbseitiges Gesichtbrennen, deren beharrliche und lästige Erscheinung Reduction der Stromstärke und Sitzungen rathsam macht. Zur Behandlung des vermuthlich im Trigeminuskern begründeten Leidens wird Galvanisirung des sympathicus und Leitung elektrischer Ströme durch den Kopf empfohlen, von Frommhold auch der Gebrauch anschwellender faradischer Ströme herbeigezogen. Wenn die elektrische Einwirkung vertragen wird, was eben nicht immer der Fall, ist die Aussicht auf Heilung, oder doch Besserung des tic douloureux ziemlich günstig. —

Anästhesien, darunter, physikalisch vorzüglich interessant, Anomalien der Temperaturempfindung, welche abgesehen von tabetischen und hysterischen Complicationen ohne sonstige Störung in Form verbreiteten Kältegefühles aufzutreten pflegen, und wovon Benedict einen Fall durch 14tägige Behandlung mit Rückenmarksnervenströmen heilte, Krämpfe, Spannungen und Zittern der Muskeln, motorische Coordinationsstörungen, wie der Schreibkrampf, den ich einmal an einem älteren Mann mehrere Monate lang mit sehr geringem, mit besserem aber binnen zwei Wochen an einem jungen Lehrer elektrisch behandelte, Gelenkaffectionen, Atrophien und Hypertrophien des Muskelgewebes, Reflexneurosen, Schwindel und subjective Sinnesstörungen, Spinal-Paraplegien, Rückenmarkdarre und geschlechtliche Schwäche-Zustände, secundäre Neurosen nach schweren Erkrankungen und Intoxicationen sind schon mit mehr oder weniger Glück der Elektrotherapie zugänglich gemacht worden, für deren gedeihliche Entwicklung indess weit weniger die extensive Ausdehnung und Vielfachheit der beherrschten oder doch beeinflussten Fälle, als die intensive Vertiefung der theoretischen Begründung und die praktische Vervollkommnung der Technik von entscheidendem Werthe ist.

§. 302. Hier dürfte alles weitere Detail mit der Betrachtung eines Falles abgeschlossen werden, welcher in vielfacher Hinsicht die wissenschaftliche Aufmerksamkeit erregt und verdient. — 1783 schlug Hufeland in seiner Schrift: de usu virium electr. in asphyxia vor,

durch Reizung der Zwerchfellnerven Wiederbelebungsversuche an asphyktischen Kindern zu machen. Dabei sollte der eine Pol auf die Halswirbel, der andre an die Herzgrube gelegt werden. Mehr als ein halbes Jahrhundert verfloss, bis der an sich ganz gute Gedanke mit allerdings noch unbeholfener Ausführung besser beachtet wurde. Marshall Hall empfahl in einem 1842 ins Deutsche übersetzten Werke über Nervenkrankheiten dringend beim Scheintode Neugeborner die Application galvanischer Ströme von der Seite des Halses gegen die Magengrube oder in der Richtung irgend eines motorischen Athmungsnerven und der betreffenden Muskeln.

In praktische Anwendung zog das belobte Verfahren wohl zuerst Scholz, erzielte aber beim vorgeschriebenen und von ihm mit geringen Variationen eingehaltenen Ansatz der Elektroden schwerlich die beabsichtigte Contraction des Zwerchfelles, sondern bloss eine cutane Reizung, welche allerdings auch als ein, hier indess secundäres Hilfsmittel zur reflectorischen Anregung der Athmungsmuskeln zu betrachten ist.

Duchenne erklärte in dieser Angelegenheit die locale Faradisirung der nervi phrenici für die erfolgreichste Methode der elektrischen Behandlung, wenn sie in einer den fraglichen natürlichen Acten entsprechenden Rhythmik geschieht. Grossentheils gelungene Versuche in diesem Sinne stammen von v. Ziemssen, Friedberg, Möller u. A., und zeigen im Allgemeinen, dass in Chloroform-Asphyxie, wie bei Vergiftungen durch Leuchtgas oder Kohlenoxyd die rechtzeitige Galvanisirung der Zwerchfellnerven sehr erhebliche Dienste leistet, noch mehr, wie es nach Pernice's Beobachtungen scheint, zur Belebung scheintodt Geborener, natürlich, wie v. Ziemssen mit Recht mahnend hervorhebt, auch beim Scheintode Erwachsener. Derselbe empfiehlt hiezu statt allzufeiner Zolldicke mit Schwammkappen armirte Elektroden, weil er für die künstliche Respiration die isolirte Faradisirung der phrenici nicht für ausreichend hält, vielmehr auch ihre motorischen Genossen für die Inspiration mit in den Kreis der elektrischen Strömung gezogen wissen will. Nachdem die Schwämme mit warmem Wasser tüchtig durchfeuchtet sind, drückt er sie zu beiden Seiten des Halses über dem untern Ende des musc. scalenus anticus am äussren Rande des sternocleidomastoideus, der nach Innen gedrängt wird, fest an. Hiebei sind Kopf, Schultern und Oberarm zu unterstützen, um den auxiliären Inspirationsmuskeln die Arbeit zu erleichtern. Jede Reizung soll etwa zwei Sekunden, gleich der mittleren Dauer einer ruhigen Einathmung währen, worauf die Exspiration unter Cession der galvanischen Erregung durch breiten kräftigen Druck auf die Bauchwand von Unten nach Oben gefördert wird. Der Strom muss stark und schnellschlägig sein, auch sofort gesteigert werden, wenn nicht bald ein Erfolg auftritt, weil die Irritabilität der Athmungs-

nerven rasch sinkt. Wo letzteres schon zu weit gediehen ist, kann man den constanten Strom probiren, dessen erfrischende Wirkung sich oft an gänzlich erschöpften Organen noch bewährt hat.

4. Bedeutung der Elektricität für die Pflanzen.

A. Die Elektricität der Pflanzengewebe.

§. 303. Das Auftreten freier Elektricität in Pflanzen könnte veranlasst werden durch chemische Gegensätze der Gewebbestandtheile und Flüssigkeiten, durch Temperaturdifferenzen und durch Druckschwankungen in capillaren Räumen, worunter erstere Ursache von den ergiebigsten Folgen sein dürfte. Durch die stets wechselnde Berührung des alkalischen proteïnreichen Saftes der Gefässbündel mit den feuchten sauer reagirenden Molecülen des pflanzlichen Parechymes in den fast unaufhörlichen Vorgängen der Quellung kann eine im Einzelnen schwache, aber an sehr vielen Punkten wirksame Erregung von Elektricität stattfinden. Ausserdem ist nicht unwahrscheinlich, dass die verschiedengradige Energie des Vegetationsprocesses an mehr oder weniger in der Entwicklung vorgeschrittenen Organtheilen elektrische Gegensätze hervorruft, wie sie vornehmlich an Wurzelspitzen und Knospen im Verhältniss zu älterem Parenchym vorgefunden worden sind. Ob freilich die so oder anderswie befreite elektrische Kraft als ein wirklich elektromotorischer Act von der Selbständigkeit wie in thierischen Kreisen eine wesentliche Rolle im pflanzlichen Leben spielt, ist zweifelhaft, dagegen sicher, dass die an abgetrennten Stücken nachgewiesene elektrische Vertheilung oft eine secundäre Begründung in äusseren Zufälligkeiten findet.

§. 304. In ersterer Hinsicht dehnte Pouillet 1825 die Erfahrung, dass beim Verbrennen von Kohle das aufsteigende Gas positiv, der Rückstand negativ befunden wird, auf Elektricitätsentwicklung der, auch von Becquerel wenigstens während der Keimungsperiode hinsichtlich der elektrischen Folgen dem Verbrennungsprocess verglichenen Vegetation aus. In diesem Sinne angestellte Wachsthumversuche an verschiedenen Pflanzen innerhalb gefirnisster Glaströge ergaben allerdings am Condensator sichere Spuren einer schwachen negativen Ladung der Erdfüllung, ob aber daraus der Schluss, dass die ausgehauchte Kohlensäure positiv elektrisch fortgegangen und vielleicht für die Gewitterbildung wichtig geworden, die rückständige Ladung aber für die vegetative Entwicklung dienlich sei, gezogen werden durfte, erscheint schon desshalb zweifelhaft, weil bekanntlich im Lichte von den grünen Pflanzentheilen Sauerstoff aus-

gehaucht wird, mithin ein angeblich bedeutsamer physikalischer Process gerade an der energischen Sommervegetation während der längsten Tageszeit eine Aufhebung oder gar Umkehrung erführe. — Matteucci will in einem englischen Wäldchen, vornehmlich von Robinia pseudacacia, Platanus occidentalis, Gleditschia triakanthos gebildet, negative (oft auch keine) Elektricität beobachtet haben, wenn auf freiem Felde positive Elektricität herrschte. — In den meisten Bäumen sollen elektrische Ströme zwischen Mark und Rinde nachweislich sein. — Während die auf Grund solcher Thatsachen auftauchenden Erwartungen einer eigenthümlichen vegetativen elektromotorischen Kraft eine directe Bestätigung zu erhalten schienen durch Herstellung einer voltaischen Kette aus zwölf Blättern, deren Stromstärke freilich nur die Hälfte derjenigen eines aus Zink, Kupfer und Wasser zusammengesetzten Elementes betrug, an welcher aber eben doch von Jürgensen und Heidenhain eine Strömung erkannt wurde, welche im Draht von der Oberfläche zum Querschnitt des Pflanzenorganes mit einer Ablenkung von 1—30° ging, zerstörte P. Riess durch 1846 veröffentlichte Beobachtungen gründlich die über den Zusammenhang der Elektricität und Vegetation gehegten Vermuthungen. Er füllte eine vollkommen isolirte Messingschale oder Porcellanwanne von verfügbarer Fläche zu 109 q″ P. mit feuchter Gartenerde und versenkte in sie den Zuleitungsdraht der Collectorplatte eines sechszölligen Condensators, dessen abhebbare Platte an einem Säulenelektroskop geprüft ward. Von März bis August 1844 keimte elfmal Gartenkresse (lepidium sativum) in der Erde und wuchs bis zu einer Höhe von 2″. Die tägliche Untersuchung des Condensator zeigte zwar oft Spuren von schwacher Elektricität, aber so völlig inconstant, dass es bloss einiger Controlversuche mit unbesäter Erde bedurfte, welche durchaus die nämlichen unregelmässigen Resultate ergaben, um sich zu überzeugen, dass die Vegetation an denselben ganz unschuldig ist.

§. 305. Die in der zweiten der oben erwähnten Richtungen gewonnenen Thatsachen stehen an sich gänzlich ausser Zweifel, werden aber jedenfalls zur Zeit und zum Theil schon von ihren Beobachtern selbst in gar keine wesentliche Beziehung zu den Lebenserscheinungen der pflanzlichen Organismen gesetzt, sondern als rein physikalische Vorgänge von äusserlichem oder secundärem Ursprung und Verlauf betrachtet. — Schon von Donné wurden (durch du Bois Reymond grossentheils bestätigte) elektrische Strömungen wahrgenommen an Aepfeln, Birnen, Pfirsichen, Aprikosen, Pflaumen in der Richtung der Fruchtachse, während die metallische Ableitung zweier Punkte des Aequators oder desselben Parallelkreises am Fruchtkörper wirkungslos blieb. In Aepfeln und

Birnen geht der Strom von der Knospe zum Stil, im Steinkernobst entgegengesetzt. — 1838 sah Blake einen Strom vom Stiel zum Blatt gehen, das unter Wasser getaucht war. Auch beobachtete er einen Strom in gährender Bierwürze, welcher von der Bodenschicht der Hefenpilze in der Flüssigkeit aufwärts lief, sich nachdem die Hefe an die Oberfläche gestiegen war, umkehrte, und mit Beendigung der Gährung ganz aufhörte. — 1854 hat Buff ebenso umfangreiche, als genaue Versuche über die elektrischen Ströme an Pflanzenabkömmlingen angestellt. Er erhielt Ablenkungen der Galvanometernadel an Aepfeln, Tannenzapfen, Rosen, beta, daucus carota, Reseda, viola, nicotiana, Hauswurz, agave americana; stets ging der Strom von der Wurzelseite durch die Pflanze zur peripherischen Blätterausbreitung; die Wirkung war oft von stundenlanger Dauer, nahm aber rasch und beträchtlich ab, wenn die pflanzlichen Gebilde zu welken begannen. Gleiche Blätter derselben Pflanze zeigen sich gegenseitig elektrisch unwirksam, es genügte jedoch eine Verletzung des einen Blattes, um von diesem einen Strom durch die Pflanze zum unversehrten gehen zu lassen, wonach also äusserlich die Theile unter der Epidermis sich elektronegativ gegen die natürliche Oberfläche zu verhalten schienen. —

Das blitzartige Leuchten lebhaft farbiger Blumen, über welche in der Dämmerung der Blick hinfährt, von Linné's Tochter zuerst, und von Göthe genauer beoachtet, schon von diesem auf Blendungsbilder im schwankenden Auge beim indirecten Sehen zurückgeführt, wäre hier gar nicht zu erwähnen, wenn nicht Volta selbst wenigstens vorübergehend an eine elektrische Erklärung des Phänomens gedacht hätte, indem er für möglich hielt, dass der wohl idioelektrische Blüthenstaub beim Verstreuen durch Reibung in der Luft Elektricität und hiemit Licht entbinde.

B. Elektrische Einflüsse auf Pflanzen.

§. 306. So tief die pflanzlichen Gewebe an Reizbarkeit unter den thierischen stehen mögen, antworten sie doch mit theilweise sehr zarter Empfindlichkeit auf die Einflüsse der Schwere, des Lichtes, der Wärme, und werden voraussichtlich auch gegen die im Allgemeinen am stärksten erregenden elektrischen nicht gleichgiltig sein. In der That hat schon 1837 Becquerel die Bewegungen der Charenzellen durch den elektrischen Strom vorübergehend aufgehoben, wobei dessen Schwankungen einflussreicher erschienen, als seine Intensität. Die Federblättchen der Mimosa werden von einem mässigen, im gemeinsamen Stil verlaufenden Inductionsstrom zugeklappt, und verlieren unter starken elektrischen Schlägen ihre Reizbarkeit. „Elektricität ohne Schlag und elektrische Ausströmung

ohne Erschütterung und schnelle Bewegung durch Anziehen und Abstossen der Blätter" fand Renard in Mainz 1811 unwirksam für diese Pflanze. Kabsch brachte die unter 22° C. unbeweglichen Seitenblätter von hedysarum gyrans durch schwache Inductionsschläge zu regelmässigen Schwingungen, wobei vielleicht die wegen des grossen Leitungswiderstandes hervorgerufene Temperaturerhöhung des Gewebes mitgewirkt hat. Jener soll übrigens nach Jürgensen in der Längslinie des Blattes (an allen Pflanzen?) am geringsten sein und zu dem in der Quere im Verhältniss von 2 : 3 stehen. — Cohn leitete den elektrischen Strom durch den Geschlechtapparat von centaurea scabiosa, wodurch die Filamente ähnlich wie bei mechanischer Erschütterung verkürzt wurden, und es bei grosser Stärke des Stromes für immer blieben. — Im Allgemeinen erfolgt die kräftigste Reaction reizbarer Pflanzentheile bei der Schliessung des Stromes; doch ist ausserdem und neben der Intensität oder den Schwankungswerthen desselben auch die Individualität der Pflanze für den Effect von Einfluss; so erscheint eine Stromstärke, welche das Gynostemium von stylidium graminifolium tödtete, für die Staubfäden von berberis nur als erträglicher Bewegungsreiz.

Von elektrolytischen Wirkungen constatirte Kabsch die Bleichung rother Farbstoffe in Blüthen, während das Chlorophyll der grünen Theile gegen Elektricität unempfindlich sein soll.

Von mehr innerlicher Bedeutung für die Pflanze können die durch starke Ströme hervorgebrachten Verzögerungen der Protoplasmabewegung, die von Schultze gesehenen Formveränderungen des Protoplasma auf elektrische Eingriffe, Brücke's elektrische Erzeugung fadenschiessender Strömungen des wandständigen Protoplasma gegen das Zellencentrum hin, und das von Kühne constatirte schwache Leitungsvermögen des Protoplasma für den Strom und seine Reize sein.

Einen elektromagnetischen Keimungsversuch stellte Doebereiner 1821 an, indem er ein Kupfergefäss und ein Zinkblech anwandte, welches mit feuchter Heidedammerde umgeben war, die 12 Gerstenkörner barg, von denen 9 aufgingen. Innerhalb der zwischen Ost und West aufgestellten Kette strebten alle Blattkeime dem östlichen Horizont zu; keiner kam zu senkrechter Stellung. Doch ist der Beobachter vorsichtig genug, unentschieden zu lassen, ob die elektromagnetische Thätigkeit der Kette oder die Gestalt des Zinkbleches hiebei massgebend war.

§. 307. In der jüngsten Zeit ist die Wirkung des Blitzes auf Bäume von Colladon mit deren elektrischer Leitungsfähigkeit in Zusammenhang gebracht worden. Bei weitem am wenigsten leidet beim Einschlagen die Pappel, welche den Strom am

leichtesten und schnellsten zur Erde führe, und deshalb in der Nähe der Wohnungen als natürlicher Blitzableiter nöthigen Falles unter Beihilfe einer eingegrabenen Metallplatte dienen könne. Aehnlich verhalte sich die Ulme; die vom Blitz getroffene Eiche verliere ihre Krone. Da junge Birnbäume von den Wirkungen des Blitzschlages sich früher und vollständiger erholten, als alte, welche meist absterben, wird auch dem jugendlichen Pflanzengewebe eine bessere elektrische Leitungsfähigkeit zugeschrieben. — Bekanntlich sind über das Verhalten der Bäume unter Blitzschlägen sehr seltsame Dinge bekannt, welche wenn alle Nebenumstände in die Beurtheilung hereingezogen werden können, freilich immer der physikalischen Erklärungsweise sich unterwerfen, bei deren Verwendung eben zu beachten ist, dass mechanische Zersplitterung, Berstung innerer Organe durch Verdampfung plötzlich erhitzten Wassers, Entzündung und manches Andre gleich berechtigte Wirkungsformen der Elektricität sind, deren verschiedenartiger Eintritt vornehmlich durch die abweichende Vertheilung der Leitungsverhältnisse bedingt ist. — Aus vielen Fällen erwähne ich eine Mittheilung von Grebel in Zeitz, wonach an einer Erle auf der ganzen Bahn des Blitzes Rinde und Bast abgesprengt und im Splint eine Rinne ausgesplittert, nicht ausgebrannt war von $^1/_2''$ Tiefe und $1^1/_2''$ Breite. Diese Spur der elektrischen Einwirkung begann ein Drittel der 58′ betragenden Baumhöhe unter dem Gipfel, lief in zwei Windungen schraubenrechts um den Stamm und endete ein paar Fuss über dem Boden. — Laut einer Mittheilung Döbereiner's an Gilbert aus dem Jahre 1821 soll bei Greifswald der Blitz an der Welle einer Windmühle das Holz zermalmt, halb verkohlt, und die braunkohlenartigen Bruchstücke in 280 Kugeln geballt haben. — Endlich ist der Blitz zu den häufig auf Wiesen vorfindlichen sogenannten Zauberringen in Bezug gebracht worden, zuerst wohl von Nicholson, welcher 1781 nach einem Gewitter im Park von Kensington das Gras in Zickzackstreifen gebleicht fand und diese für oft vorkommende Schlangenwege des Blitzes an der Bodenoberfläche erklärt. — Heim in Meiningen sah im September 1783 beiderseits der Wurzel einer im vorigen Monat vom Blitz getroffenen Kiefer schöne dunkelgrüne Bogen kurzen Grases, welche bis ins dritte Jahr als muthmassliche Zeugen eines directen elektrischen Einflusses andauerten. —

5. Der Magnetismus.

§. 308. Physikalisch besteht über den Begriff der magnetischen Kräfte und Erscheinungen zwar keine vollkommene Klarheit, doch wenigstens nicht die geringste Zweideutigkeit. Man hat den Magnetismus, welcher trotz der auffälligen Beschränkung seines materiellen

Substrates und seiner Wirkungsform imponirend genug zum Zugeständniss einer ganz eigenthümlichen Auffassung gewesen ist, vom Banne der letzteren befreit, ihn der vollen Selbständigkeit entkleidet und der Elektricität untergeordnet, eben damit aber seine intensive wie extensive Bedeutung nicht nur nicht geschädigt, sondern vielmehr ausserordentlich vertieft und erweitert. Gerade das jedoch, was auf dieser Bahn des physikalischen Fortschrittes liegt, fällt fast gänzlich ausserhalb des organischen Gebietes. — Der einzige ernsthafte Versuch über einen magnetischen Einfluss auf Pflanzen stammt von Dutrochet, welcher einen Stil der chara vulgaris zwischen die Pole eines sehr kräftigen Hufeisenmagnetes legte, der von 20 Bunsen'schen Elementen angeregt 800 Kilogramm zu tragen vermochte. Weder bei Schliessung, noch Umkehrung und Oeffnung der Kette oder während der dauernden Strömung war unter dem Mikroskop auch nur die allergeringste Modification in den Saftbewegungen jenes pflanzlichen Organismus zu erkennen. Auch Mimosenblätter verhalten sich in beliebiger Stellung gegen Magnetpole völlig indifferent. Von irgend einem Einfluss des Erdmagnetismus, welcher, wenn überhaupt ein magnetisch vegetativer Zusammenhang bestünde, sowohl am kräftigsten wäre, als das Einwirkungsmaterial in grösster Menge und zum Theil wenigstens in günstigster Lage vorfände, ist endlich ebensowenig auf die in wie ausser dem magnetischen Meridian keimenden und wachsenden Pflanzen etwas bekannt.

Nicht besser steht es mit den magnetischen Thatsachen in thierischen Kreisen. Die Alten sollen zwar die Magneterze als Heilmittel für Brandwunden und Augenflüsse angewendet haben, doch weiss man nicht mit welchem Erfolg, und wenn ein solcher eintrat, war er jedenfalls jedem beliebigen zufälligen Umstand eher zuzuschreiben, als der magnetischen Ladung des Minerales. — Paracelsus, der grosse medicinische Reformator trotz aller abenteuerlichen Verirrungen, konnte bei seiner seltsamen Mischung einer realistischen Praxis und eines phantastischen Mysticismus an den Geheimnissen des Magnetismus nicht kalt vorübergehen. Er sprach einerseits, doch hier wohl nur im bildlichen Sinne von der magnetischen Anziehung jeglichen Heilkräutleins gegen den Stern, welcher der Krankheit und der entsprechenden Körperconstitution vorstehe, und empfahl anderseits in Blutflüssen und andren Leiden, welche vom Leibescentrum gegen die Peripherie ausstrahlen, Magnete, deren Bauch anziehend und Rücken abstossend wirke; in der Hysterie soll man erstere nach Unten kehren, um Epileptische aber vier Magnete mit den Bäuchen aufwärts herumstellen. — In späterer und besonders jetziger Zeit wird höchstens nach einer Seite hin an eine medicinische Anwendung des Magneten gedacht, indem er vielleicht in diagnostischem Dienste den Sitz eines oberflächlich steckenden Eisen- oder Stahl-

stückchens anzeigt, es etwa zu empfindlicher Aufrichtung durch die von der polaren Hautapplicationsstelle aus geübte Attraction veranlassend, in therapeutischer Hinsicht das nah an die Pole gehaltene offene Auge von hineingerathenen feinen Eisensplittern befreit, zu welcher Procedur in einigen Fabrikräumen ständige Gelegenheit geboten werden soll, endlich schon mit äusserst zweifelhaftem Erfolg prophylaktisch-hygienisch kleine Lufträume von Eisenfeilstaub reinigen könnte. — Iede tiefere Bezugnahme des Magnetismus auf die Organe scheitert an der physikalischen Thatsache, dass dieselben, abgesehen von dem geringen Eisengehalt, namentlich des Blutes, keine paramagnetischen Bestandtheile führen, vielmehr sich durchweg diamagnetisch erweisen. Durch die Faraday'schen Forschungen, welche vornehmlich seit 1845 in diesem Betreff einen entscheidenden Charakter annahmen, und Dank der den gewöhnlichen Magneten gegenüber ungeahnten Kraftsteigerung der Elektromagnete, weiss man, dass der magnetische Wirkungskreis keineswegs so beschränkt ist, als es bis dahin den Anschein hatte, vielmehr sich auf sehr viele Körper erstreckt von der verschiedenartigsten Abstammung und Zusammensetzung, aber in doppelter Form, indem die wenigsten Stoffe dem Verhalten des Eisens folgen, die meisten dagegen statt angezogen abgestossen werden, und sich deshalb bei freier Beweglichkeit senkrecht zur Verbindungslinie der Pole eines Hufeisenmagnets „äquatorial" einstellen. In diese Klasse diamagnetischer Substanzen gehören zahlreiche Abkömmlinge der Organismen; Faraday führt in der zwanzigsten Reihe seiner berühmten elektrischen Untersuchungen folgende mit constatirtem Diamagnetismus auf: Weinsäure, Citronensäure, Alkohol, Schwefeläther, Harz, Wallrat, Caffein, Cinchonin, Margarinsäure, Schellak, Siegellak, Olivenöl, Terpentinöl, Kautschuk, Zucker, Stärkmehl, arabischer Gummi, Holz, Elfenbein, getrocknetes Hammelfleisch, frisches und getrocknetes Rindfleisch, frisches und troknes Blut, Leder, Aepfel, Brod. Er fügt bei, dass, wenn ein Mensch mit hinreichender Empfindlichkeit im magnetischen Felde aufgehängt werden könnte, er sich äquatorial richten wird, weil alle seine Theile einschliesslich des Blutes, in welchem also der, übrigens in allen complicirteren Verbindungen stark verminderte, Paramagnetismus des Eisens völlig zurückgedrängt ist, obige Eigenschaft besitzen. — In dieser Lage würde der Organismus unter dem vollen Einfluss des Magnetismus stehen, ohne jedoch voraussichtlich irgend welche wesentliche Modification seiner normalen oder krankhaften Verhältnisse zu erfahren.

§. 309. Indess! die Hauptrolle, welche der Magnetismus in der Medicin spielt, oder vielmehr ausgespielt hat, ist überhaupt eine ganz andere und hat mit der Physik so wenig zu thun, dass Ingen-

bousz mit Recht behaupten durfte, keine einzige sichere Thatsache zu kennen, welche einen Einfluss der magnetischen Kraft auf den thierischen Haushalt beweise, ohne doch dadurch Priester und Anhänger des Animalmagnetismus im Geringsten einzuschüchtern, weil diese schon zu weit vom wissenschaftlichen Boden entfernt waren, um sich durch exacte Einwürfe getroffen zu fühlen. Der historische Ausgangspunkt des im mystischen Hange der menschlichen Natur wurzelnden, von den klaren Elementen der Wissenschaft jedoch bald überwundenen, und in den Augen der Besonnenen gänzlich miscreditirten Verfahrens steht übrigens mit dem physikalischen Mineralmagnetismus in flüchtigem Zusammenhang. Nachdem nämlich Mesmer 1766 in phantastischer Ausspinnung Paracelsischer Träume von den planetarisch-organischen Combinationen: Sonne und Herz, Mond und Hirn (dessen Gebahren hiebei in der That mondsüchtig erscheint!), Jupiter und Leber, Saturn und Milz, Merkur und Lungen, Mars und Galle, Venus und Nieren die Einwirkung der feinen Ausflüsse der Gestirne auf die Erdenwelt und insbesondre ihre höheren Geschöpfe durch Vermittlung der gewöhnlichen Magnete hatte geschehen lassen, benützte er anfänglich diese zu seinen therapeutischen Experimenten, in denen er jedoch bald in einem Pater Hell einen gefährlichen Concurrenten und Verkleinerer seines Rufes fand. Um sich nun zweifellos auf eigene Füsse zu stellen, erklärte Mesmer, dass er der Mineral- oder Eisenmagnete gar nicht bedürfe, sondern die in den Organismen selber schlummernden animalmagnetischen Kräfte wachzurufen verstehe. Da trotz einer durch einen glücklichen Zufall gelungenen, wenn nicht auf Betrügerei beruhenden Kur einer angeblich an Leber- und Milzverhärtung, wie an Krämpfen und Amaurose leidenden Dame er in seinem damaligen Aufenthaltsort Wien keinen rechten Anklang fand, suchte er in Paris sein Glück, was ihm auch nach Ueberwindung vieler Schwierigkeiten glänzend gelang — doch zu Ehren der Wahrheit nur auf kurze Zeit. Eine Prüfungscommission, aus welcher die Namen Lavoisier und Guillotin hervorleuchten, entlarvte die Nichtigkeit seiner „Baguet"-Sitzungen, und der, unter Umständen geradezu unsittlichen, jedenfalls aber sinnlich reizenden Manipulationen („Spargiren") so gründlich, dass der Magnetiseur, dessen Stellung auch durch seinen widerlichen Eigennutz unhaltbar geworden war, Frankreich verlassen musste, und später auch in Deutschland durch eine neue 1799 erschienene Schrift sich nicht mehr rehabilitiren konnte. Doch hat das nicht ohne berechnende Kenntniss eines grossen Theiles der betrügungsfähigen, ja wie es scheint fast bedürftigen Menschheit angelegte System noch lang, sehr vereinzelt selbst noch in unsren Tagen, da und dort Anpreisung und Vertrauen gefunden. Erst 1812 wurde die Ausübung der animalmagnetischen Kuren in Preussen beschränkt, 1816 in Oesterreich verbo-

ten. Eine Zeitschrift vom Range, wie die *Annalen der Physik*, enthält in den Jahrgängen 1811 bis in die Mitte des nächsten Decenniums hinein zahlreiche Aufsätze über diesen Gegenstand nebst verwandten Bestrebungen, und noch der 1836 erschienene VI. Band des *Gehler'schen physikalischen Wörterbuches* bringt eine einen vollen Druckbogen einnehmende gut geschriebene Abhandlung über den *thierischen Magnetismus*, an deren Spitze indess bereits das erfreuliche Zugeständniss gemacht wird, dass das Interesse des Publikums für diesen Gegenstand immer mehr abgenommen habe, und auch bei den Aerzten dieses früher sehr beliebte Heilmittel gänzlich aus der Mode gekommen sei. Bis zur Stunde ist beides zur günstigen Anzeige einer verständigklaren Entwicklung des öffentlichen Geistes noch so viel mehr der Fall gewesen, dass es fast der Entschuldigung bedarf, das nächtliche Gespenst in die nüchterne Tagesbeleuchtung hervorgezogen zu haben, was denn auch in der That hauptsächlich nur um eines *Protestes* willen geschah. Was man nämlich auch denken mag über das Anfassen und Appliciren metallener Stäbe, über die Kettenbildung durch Verhackung der Finger, über das Bestreichen des ganzen Körpers oder einzelner leidender Theile, über den Rapport, zu dessen Erzeugung anfangs eine ziemlich intime Situation der activen und passiven Person gehörte, später ein Wink oder Blick genügte, endlich über die Stufen der Wirksamkeit, wie: reizlose behagliche Erhöhung der Lebensthätigkeit, Entlastung kranker Organe, Beruhigung der Nerven, Wärmeströmung vom Magen aus, allgemeine wohlthätige Ermattung bis zur Ohnmacht, Verinnerlichung der Empfindungen, innere Selbstbeschauung im eigenen und fremden Interesse, Durchdringung der Geheimnisse und Entschleierung der Zukunft, zuletzt eine vollständige Entfesselung des Geistes von der irdischen Last — soviel man auch davon in schonender Zurückhaltung härteren Vorwurfes auf wirkliche, ungewöhnlich angeregte und absonderlich verlaufende Ereignisse im Nervenleben zurückführen mag, immer sollte man sich hüten, dieselben als *physikalische* zu qualificiren, auf welchen Ehrentitel bloss Thatsachen Anspruch haben, deren *Constanz unter gleichen Bedingungen* zu ihrer *Gesetzmässigkeit* hinleitet, oder gar zur Bezeichnung dunkler theils zweifelhafter, theils völlig ausnahmsweiser Erfahrungen ein Wort zu missbrauchen, über welches bereits in einem ganz bestimmten, mit jenen Erscheinungen in gar keiner Beziehung stehenden Sinne Verfügung getroffen ist. —

§. 310. Gleichfalls in ablehnender Weise muss hier trotz des auf andrem wissenschaftlichen Felde geschätzten Namens ihres Autors der *odisch-magnetischen* Untersuchungen v. *Reichenbach's* gedacht werden. Abgesehen davon, dass hier wieder, wenigstens zur Hälfte, eine

völlig unberechtigte, allerdings in ihrer wesentlichen Bedeutungslosigkeit entschuldigte aber eben deshalb um so mehr zu unterlassende, Usurpation eines der sprachlichen Willkür längst entrückten Wortes vorliegt, fehlt zur Aufstellung einer selbständigen physikalischen Dynamide als Ursache der odischen Empfindungen das Kriterium der allgemeinen objectiven Erkenntlichkeit, der überall und immer giltigen gesetzlichen Verbindung von Ursache und Wirkung, der sonst allerwärts aufleuchtenden Verwandtschaft oder doch Beziehung zu den übrigen Hauptkräften des natürlichen Geschehens. Theils phychische Bewegungen, anti- und sympathische Regungen hyperästhetischer Nerven, theils subjective oder doch in ihrer äusseren Ursache wegen des umgebenden Contrastes übertriebene Sinnesempfindungen mögen wohl ohne das problematische Od zum frischen nnd lauen Hauche, zu behaglichen oder widerlichen Folgen an sich gleichgiltiger socialer Vorkommnisse, zu den magnetischen oder krystallinischen Lichtausströmungen führen. In letzterer Hinsicht bemerkt Aubert, welcher, gleich mir, wegen lauter misslungener Versuche zu den „Nichtsensitiven“ gezählt werden müsste, in einem Briefe an Poggendorff vom December 1862, dass auch in einem anscheinend gänzlich verfinsterten Raum die subjective Lichtempfindung von sehr hoher Intensität sei und leicht auf im Zimmer befindliche nicht ganz unbekannte Gegenstände übertragen werde, über deren relative Lage indess dabei namhafte Täuschungen unterliefen. Letztere kommen zu Bewusstsein, wenn man den Blick auf eine andre Stelle wendet, an welcher man oft dasselbe Licht sieht, das vorher scheinbar einem bestimmten Object anklebte. Ohne besondre Vorsichtmassregeln, namentlich auch betreffs der Grenze und Schärfe der sensuellen Empfindlichkeit liegt demnach der Verdacht nah, dass Sensitive subjective Gesichtsthätigkeiten auf an sich fremdartige objective Vorgänge übertragen.

Dritter Theil.

Die allgemeinen hygienischen Bedürfnisse.

§. 311. Wie einzelne physische Vorgänge nur wegen des sinnenfälligen Uebergewichtes einer bestimmten Erscheinung als isolirt und selbständig aufgefasst werden, eigentlich aber stets einen Theil der allgemeinen Weltlage bilden und auf Alles eine an Stärke und Art den stofflichen und formalen Eigenthümlichkeiten entsprechende Wirkung haben, so erstreckt die Wissenschaft von ihnen, so sehr sie in Sammlung und Aufbau der Materialien die eigenen Wege wandelt, Segen und Wohlthaten über alle Gebiete, selbst über jene dunklen, auf denen man nur unter Erbitterung über die geistigen Consequenzen der Forschung die von ihr thatsächlich gewährten Vortheile annimmt. Am deutlichsten tritt dies erzwungene Zugeständniss auf dem Felde der öffentlichen Gesundheitspflege hervor. Sie, welche als die natürliche Grundlage des Wohlbefindens und Gedeihens der Menschheit bezeichnet werden darf, stellt als Lehre einen der frischesten Stoffe dar, dessen Systematisirung erst vor den Augen der Mitwelt versucht wird. Allerdings fällt ihr Gegenstand mit so unmittelbaren Bedürfnissen zusammen, dass eine vorübergehende Beschäftigung mit ihm in jedem Zeitalter auftaucht, aber wegen inniger Verbindung mit den allgemeinen Fortschritten der Cultur geht sie in diesen auf und erregt als besondere Arbeit keine nachhaltige Aufmerksamkeit. Auch wurden die Anläufe von Staatswegen den in fraglicher Hinsicht oft in den Vordergrund tretenden Ansprüchen gerecht zu werden, in der Regel erst in Augenblicken dringender Gefahr und Bedrängniss durch Epidemien mit nothdürftigen, manchmal mehr seltsamen, als zweckmässigen, Bestrebungen gemacht, die öffentlichen Bedingungen der Gesundheit zu bessern, oder auffällige Schädlichkeiten zu entfernen, während sonst Theorie wie Praxis der Hygiene unter die Obhut der Staatsarzneikunde, der Bau- und Strassen-Polizei gestellt war. Die grossartigen Trümmer einer rühmlichen segensreichen hygienischen Architektonik erzählen vom Verständniss, welches in den bedeutenden Gemeinwesen des Alterthums für die wichtigsten hiehergehörigen Fragen bestand, und beschämen jüngst vergangene Jahrhunderte ja zum Theil die heutigen Tage ob der Sorglosigkeit in einer ans Lebensmark der Menschheit greifenden Sache. Langsam wendet sich's zum Besseren, nachdem unsägliche Opfer für eine Nach-

lässigkeit gefallen sind, deren Schandsäulen die Geschichte der Weltseuchen und der socialen Verkommniss aufgerichtet hat.

Die Verspätung im erwachenden Selbständigkeitsgefühl der hygienischen Disciplin ist abgesehen von äusseren zufälligen Einflüssen aus dem Gegenstand der jungen Wissenschaft erklärlich. Derselbe erscheint bald einem Kapitel der Physiologie, Physik oder Chemie, bald einem Abschnitt der Epidemiologie, Aetiologie oder Prophylaxis entlehnt, und was davon zur lebendigen Ausführung gelangen soll, muss grosseutheils dem Bauverständigen überlassen bleiben. Aber von der Eigenthümlichkeit des Stoffs hängt die Berechtigung einer Wissenschaft nicht ab, es kommt vielmehr auf die beseelende Idee der Arbeiten und ihren Endzweck an; diese begründen nun, selbst wenn praktisch keine bei aller Umfänglichkeit fest begrenzte bedeutende Aufgabe so bestimmt ausgesprochen wäre, wie in vorliegendem Fall, durch ihre Grösse und Klarheit in der Hygiene unzweifelhaft eine selbständige Wissenschaft. Dieselbe wird natürlich ihrer Beziehungen zu den älteren Disciplinen, aus denen sie heranwuchs, nicht nur nicht vergessen, sondern vielmehr bei immer deutlicherer Erkenntniss ihrer Stellung, ihres Reichthums, ihrer Macht die Seite wissenschaftlicher Forschung sicherer und richtiger beurtheilen lernen, mit deren Hilfe ein bestimmtes Ziel am schnellsten und besten erreicht wird.

§. 312. In sehr naher Beziehung steht zur Hygiene die Physik. Indem jene von der Voraussetzung ausgeht, dass Aufnahme von Nahrung und Abgabe von Auswurfstoffen, sowie der Einfluss der Atmosphärilien oder der ganzen irdischen Umgebung das Leben des Menschen bestimmen, erwartet sie von der physikalischen Untersuchung Aufschluss über mehrere elementare Fragen.

Bedingungen und Verlauf der Ernährung fallen überwiegend der Chemie anheim, während für den wichtigsten Verbrauchstoff, das Wasser, nach Eigenschaften, Herbeischaffung und Verwendung die physikalische Erwägung am Platz ist. Bis in seine letzten Schicksale und Zufluchtsörter interessirt uns jener unvermeidliche Begleiter aller Lebensvorgänge, einerseits soferne es sich unter der Erdoberfläche in bald steigenden, bald sinkenden, und hiemit auf die Gesundheitsverhältnisse höchst einflussreichen Schichten als Grundwasser sammelt, anderseits indem es zur Aufnahme und Wegschwemmung der Abfall- und Auswurfstoffe dient. — Die Insalubrität des Bodens ist sicher bei Weitem weniger durch die geognostische Beschaffenheit an sich bedingt, als durch die ihm beigemengten fremdartigen Reste von Pflanzen- und Thierstoffen, deren Anhäufung, Zersetzung und Ausdünstung mit den physikalischen Eigenschaften des Erdreiches und des durchsickernden Wassers in Zusammenhang steht. —

Kloaken, Abzugkanäle, Infection des Untergrundes, und Leichenbestattung schliessen sich demnach, gleichsam als die Kinder der Nachtseite, der hygienophysikalischen Untersuchung des Wassers an. — Mindestens ebenso häufig als dieses wird durch die schädlichen Emanationen der zuletzt angedeuteten Processe die Luft inficirt und wenn nicht ungesund doch unangenehm gemacht. In viel grösserem Massstabe indess tragen zur Verderbniss jenes ersten und letzten Lebensfutters die Lebensacte selber von Menschen und Thieren, sowie die gewöhnlichsten Vorgänge des bürgerlichen Lebens und der Industrie bei. Da die hiebei entbundenen Schädlichkeiten ausschliesslich oder doch vorzugsweise in geschlossenen Räumen bemerklich und einflussreich werden, bildet die Erörterung des natürlichen und künstlichen Luftwechsels in den Gebäuden einen namhaften Vorwurf der hygienischen Physik. — Wenn die Beziehungen des Lichtes zum organischen Leben, weil mehr der reinen Theorie angehörig, und nur hinsichtlich der, eine technische Aufgabe bildenden, Beleuchtung dem praktischen Bedürfniss zugewendet, in geringer Ausdehnung unsre Aufmerksamkeit beanspruchen, ist dagegen die Wärme, welche man aus dem Weltgetriebe ohne gänzlichen Stillstand des Verlaufes gar nicht wegdenken kann, nach zwei Seiten hin ein grosser und würdiger Gegenstand unserer Betrachtung. Einmal ist gerade in dem Theil der Erde, wo zweifellos die Hauptarbeit der Geistesentwicklung und des menschlichen Fortschrittes verrichtet wird, eine Verbesserung der ungünstigen natürlichen Verhältnisse durch die künstliche Heizung der Wohnungen unerlässlich, dann aber bildet die Wärme, auf deren Schwankung und wechselnde Vertheilung alle Erscheinungen der Witterung, freilich mehr oder weniger direct und klar, zurückgeführt werden können, einen so rastlosen, wenn auch oft versteckt arbeitenden Betriebsfactor des gesunden und kranken Daseins, dass eine medicinische Meteorologie, welche ebensosehr eine Stütze der Pathologie als der Physiologie zu werden fähig ist, in den Temperaturverhältnissen und deren weiteren oder näheren Folgen das Hauptobject ihrer Forschung findet.

I.

Das Wasser.

1. Die Quellen.

A. Entstehung und Ernährung der Quellen.

a. Meinungen und Theorien.

§. 313. Wenn wir absehen von der Herleitung alles irdischen Wassers aus dem Meere durch Homer und von der, wie es scheint, auch Platon gefälligen, Ansicht des Hippokrates, dass Ursprung und Sitz des Wassers in der Erde liege, begegnen wir der ersten ernsthaft erwogenen und begründeten Meinung über diese wie manch andere physikalische Frage bei Aristoteles. Das Quellwasser, welches aus den unterirdischen Höhlen abfliesst, stammt nach ihm zum Theil aus den von den Bergen angezogenen atmosphärischen Dünsten und Niederschlägen, zum Theil aus der Luft der abgeschlossenen Räume, welche, man weiss nicht wodurch und wie, unmittelbar in dasselbe sich verwandelt. Seneca fügt dazu gar noch eine Hydrometamorphose erdiger Stoffe, und erst Vitruv liess diese Umwandlungsprocesse fallen, um eine richtigere Erfassung der Bedingungen zur Quellenbildung anzubahnen, unbekümmert indess, wie dies freilich im Wesen der antiken Naturbetrachtung lag, um thatsächliche Nachweisung und experimentale Erläuterung der einschlägigen Verhältnisse. Erschöpfend und mit absoluter Bedeutung der in Ansatz, wie zum Vorschein gebrachten Werthe lässt sich dies allerdings für den meteorischen Ursprung der Quellen ebenso wenig leisten, als es Lucretius Carus für seine Vermuthung vermochte, alles auf dem Festland erscheinende Wasser stamme durch Filtration in den porösen Erdschichten aus der See, wie aber für die erstere Theorie unter bestimmten Einschränkungen, welche den wesentlichen Sachverhalt nicht berühren, wenigstens schematische Beispiele aufgestellt und mit grosser überzeugender Kraft für die allgemeinen Folger-

ungen ausgestattet werden können, zeigte schon um die Mitte des siebzehnten Jahrhundert Mariotte. Indem er die, bei Dijon auf 19″ 2,333‴ P. bestimmte,. jährliche Regenhöhe für ganz Frankreich mit 15″ veranschlagt, kommen nahebei auf jeden Quadratfuss Fläche $1^1/_3$ Kubikfuss Wasser oder auf das ganze Zuflussgebiet der Seine von den Quellen bis Paris 714150 Million c′, während der Fluss ober dem pont royal 400′ breit 5′ tief bei einer Geschwindigkeit von $1^2|_3$′ in der Sekunde $3333^1/_3$ als im Jahr 105120 Million c′ Wasser vorbeiführt. Da dies weniger als $^1|_6$ der Regenmenge ist, erschien diese unter Einrechnung der Verluste durch Adhäsion, Seitenabfluss und Verdunstung zur Deckung des Bedarfes mehr als hinreichend. — Für die Frage, ob das meteorische Wasser leicht und tief genug die Erdschichten durchdringe, um den unterirdischen Behältern einen ergiebigen Wasservorrath für die Quellen zuzuführen, bringt Mariotte vor, dass in den Gewölben des Pariser Observatoriums zur Regenzeit an den Wänden Wasser herabträufle, dessen Menge zur Stärke des Regens in geradem Verhältniss stehe, und macht sogar eine in einem Geröllhaufen durch Regenwasseransammlung entstandene Quelle namhaft. — Allmälig kamen die geognostische Thatsache der bald parallelen, bald muldenförmigen Lagerung Wasser durchlässiger und haltender Schichten, das physikalische Gesetz vom gleichen Stand der Flüssigkeitsoberflächen in zusammenhängenden Räumen, die Speisung des Quellwasser mit den an der Einlagerungs- und Ursprungs-Stelle verbreiteten Salzen, die Uebereinstimmung seiner Temperatur mit den Wärmeverhältnissen der oberflächlichen und tiefen Erdlagen als weitere Beweise für die demungeachtet mehrfach angefochtene Quellentheorie hinzu.

Die allgemeine Richtigkeit der für den ersten besprochenen Punkt angestellten Rechnung bestritt Sedileau, gestützt auf die jedoch ihm selbst nicht ganz zuverlässig scheinende Angabe Riccioli's, dass die Flüsse Grossbritannien's doppelt soviel Wasser führen, als die Atmosphäre dem Lande spendet. Auch Halley hielt das Meteorwasser für die Quellen auf St. Helena ungenügend und zog aus der Erscheinung des starken nächtlichen Thaues auf den Bergen den Schluss, dass an diesen die Dünste des Meeres sich verdichteten, um am Fusse abzulaufen. Dagegen wurde ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Fülle der meteorischen Niederschläge und der Ergiebigkeit der Quellen theoretisch von Schübler 1822, dann thatsächlich in der französischen Provinz Poitou erkannt, indem die auffällige Abnahme der letzteren weder von der Austrocknung des Bodens, noch von der Anlage zahlreicher Kanäle, sondern von der Verminderung der jährlichen Regenmenge abzuleiten war, welche selbst wieder auf allgemeine von veränderten Culturverhältnissen des Landes bedingte Modificationen des localen klimatisch-meteorologischen Charakters zurückgeführt werden musste.

Gegen das zweite der oben beigebrachten Momente richten sich die Einwände von de la Hire und Perault, und lässt sich nicht läugnen, dass Jener anscheinend sehr unzweideutige negative Beobachtungsresultate ins Treffen führte. Eine 8″ tief an einem schattigen stillen Ort eingegrabene Schüssel von 64 q″ Fläche sammelte mehr als neun Monate hindurch kein Wasser an, darauf ein wenig nach starkem Regen und Schneefall, endlich bei Versenkung auf die doppelte Tiefe auch unter diesen günstigen Bedingungen wenig oder gar nichts. Ferner lief aus einer bleiernen Röhre, welche von der tiefsten Stelle einer 8′ unter der Erdoberfläche eingegrabenen Schüssel in einen Keller führte, in 15 Jahren kein Tropfen Wasser ab. Die Bedeutung dieser Beispiele lässt sich nicht abschätzen, ausser wenn man über die obwaltenden geognostischen Verhältnisse und sämmtliche Nebenumstände genau unterrichtet ist, keinesfalls aber wäre, da entgegengesetzte Erfahrungen mindestens ebenso gesichert und viel zahlreicher vorlagen, sofort ein diese aufhebender Schluss zu ziehen, sondern zu erforschen gewesen, von welchen natürlichen Bedingungen das Eine oder Andre abhängt.

Die Schaar der übrigen weniger gründlich zu Werk gehenden Gegner der Mariotte'schen Quellentheorie geniesst die Genugthuung, bis auf Kepler als ihren Chorführer zurückgreifen zu dürfen, indem dieser hervorragende Kenner der Natur zu sehr ein Kind seiner Zeit war, als dass er sich deren phantastischem Getriebe völlig hätte entziehen wollen oder können. Vielmehr, wie es scheint, von lebhafter Einbildungskraft und einer poëtischen Auffassung des Weltlebens nicht abgeneigt, verunzierte er die Schönheit und Klarheit, welche seine Gesetze über den kosmischen Plan verbreiteten, durch mystische Vorstellungen von der animalen Beseelung der Himmelskörper, besonders der Erde, welche in Rücksicht des uns hier beschäftigenden Gegenstandes das Meerwasser einschlürfen, im Innern nach Art der thierischen Circulation verbreiten, und zur Speisung der Quellen verwenden sollte. — Nachdem Grimm die Lehren der antiphlogistischen Chemie dahin verwerthet hatte, dass er das Grundwasser aus langsamer Verbrennung unterirdisch entbundenen Wasserstoffes durch den eindringenden Luftsauerstoff herleitete, war es Keferstein vorbehalten, die Kepler'sche und Grimm'sche Idee zur Erzeugung einer Missgeburt zu verquiken; er lässt die Einsaugung des Sauerstoffs durch den Athmungsprocess des thierischorganisirten Erdkörpers geschehen, worauf dann jener das Weitere besorgen wird. Noch einen Schritt weiter geht Spindler, indem dem irdischen Organismus eine freie, jedoch mit dem Monde in polarer Beziehung stehende, Thätigkeit beigelegt und die Quellenbildung als eine Absonderung durch eigene Secretionswerkzeuge betrachtet wird.

An der Vertheidigung und Erweiterung der Mariotte'schen

Quellenlehre betheiligten sich vornehmlich de Luc, Hube, Cuvier, Berzelius, Schübler, de la Metherie, welcher in seiner 1795 erschienenen Theorie der Erde unter Anerkennung des Niederschlages und der Verdichtung der Wasserdünste den geologischen Schichten verdiente Aufmerksamkeit schenkte. Er schreibt dem Quarz gar keine, dem Kalk geringe Verwandtschaft, dem Thone vollständige Undurchlässigkeit für das Wasser zu, welches zum Theil sogleich abfliesst, zum Theil in die Pflanzen übergeht, zum Theil eindringt, um sich in der Tiefe zu sammeln. -- Ueber die zur Anfeuchtung der lockeren Erde verbrauchte Wassermenge hat zuerst Dalton gute Versuche gemacht, wonach künstlich ausgetrocknete Gartenerde 7″ hoch mit Wasser bedeckt sein musste, um 1′ tief vollkommen durchfeuchtet zu werden. Dieser enorme Wasserverbrauch, welcher grossentheils den Pflanzen zu gut kommt, lässt unter Hinzunahme der oberflächlichen Verdunstung wohl begreifen, dass bebautes Land der Quellenentwicklung nicht günstig ist.

b. Erscheinungen und ihre Ursachen.

§. 314. Die Erscheinung der Quellen hängt von Structur und Anordnung der Bodenschichten ab, denn es kommt darauf an, dass von unterirdischen Behältern, in denen sich das meteorische Wasser, filtrirt und salzgeschwängert, sammelt, Abflüsse, welche das Wurzelsystem der Quelle bilden, nach einer Stelle des leichtesten Durchbruches stattfinden. Lockerer Sand bietet dem durchsickernden Wasser einen sehr geringen Widerstand, fest gestampfter oder zusammengebackener einen unter Umständen sehr grossen, doch immerhin mit der Zeit überwindbaren. Kalkboden lässt, wenn durch die Sonnenhitze ausgetrocknet, das Wasser anfangs abrinnen und erst später eindringen. Durch stark zerklüftete Sandsteinumgebung fliesst das Wasser leicht aber meist nach zu vielen Richtungen und weithin ab, als dass es zu einer der Quellenbildung günstigen Ansammlung käme. Am vortheilhaftesten hiefür ist eine feste Thon- oder Lettenschicht, auch Erdreich mit beträchtlichem Gehalt an Eisenoxydhydrat. Darauf ruht wie auf sicherer Schale das Grundwasser, an den Schwankungen benachbarter Flüssigkeitsspiegel Theil nehmend, oder bei passender Lage zu Eröffnung und Speisung einer Quelle bereit, zu welcher von höheren Punkten des subterranen Bassin ein festes Rinnsal führen muss.

Auch der äussere Charakter der Landschaft ist nicht gleichgiltig. Wälder begünstigen eine gleichmässigere Vertheilung der meteorischen Niederschläge und sowohl als mechanisches Bollwerk, wie wegen verminderter Verdunstung eine reichlichere und dauerndere Aufspeicherung der Flüssigkeit. An den bei relativ grosser Oberfläche leicht und schnell erkaltenden Abhängen hoher Berge schlägt

sich viel Wasserdunst nieder, Wolken lagern sich herum und Schnee bedeckt die Gipfel, Stufen und Risse der Abdachung. Die Heimath reicher und nachhaltiger Quellen ist daher vorzüglich Berg- und Waldland, zumal wo über hohem Urgebirg dünne Lagen von Sandstein, Kalk oder lockerem Erdreich geschichtet sind. Nicht immer liegt die Durchbruchstelle tief unten, doch stets abwärts vom speisenden Bassin. Wenn der Hexenbrunnen des Brocken nur 18′ unter dem Gipfel täglich gegen 1440 c′ Wasser fördert, so überrascht dies weniger bei der Erwägung, dass die höher gelegene Fläche einen Halbmesser von 500′ hat und die jährliche Regenmenge nicht viel unter 2′ beträgt, wodurch allein schon der Quelle fast das Dreifache ihres Bedarfes für obige Leistung zur Verfügung gestellt wird. Demungeachtet und trotz der Beihilfe von Nebel und Thau versiechte sie im heissen trocknen Sommer 1786 für einige Zeit, was als sicherer Beweis für ihre meteorische Speisung erscheint. — In den östlichen Alpen findet man noch 8860′ hoch, oft fern von Schnee und Gletschern, deren Mitwirkung überhaupt veränderte Bedingungen stellt, reichliche Quellen. In Südamerika wird der höchste Punkt, wo Quellwasser hervorkommt, bei Ladera de Callud zu 14568′ angegeben. — Absolute Höhengrenzen der Quellen bestehen nicht, die relativen hängen ab von der geographischen Breite, dem Verlauf der Schneelinie und dem Verhältniss der höchsten Gipfel zur Erhebung der Gebirgskämme oder Hochebenen.

§. 315. Für die Beurtheilung des Reichthumes einer Quelle ist die Unterscheidung wichtig, ob deren Ergiebigkeit bleibt oder wechselt. Absolut wird Ersteres nie möglich sein, weil die Bedingungen der Erscheinung nicht constant sind; von geringen Schwankungen absehend erklärt man indess eine Quelle für perennirend, wenn sie anscheinend unabhängig von äusseren Einflüssen und Zufälligkeiten Jahr aus Jahr ein in bestimmten Zeiten merklich gleiche Wassermengen liefert. Man hat ihr wirkliches Verhalten einem gut begründeten vorsichtig geleiteten Geschäftshaus verglichen, welchem so tüchtige Vorräthe zu Gebot stehen, dass von Aussen herantretende Stösse durch innere Bewegungen ausgeglichen werden; wie aber auch hier die Sache ihre Grenzen hat und die nachhaltigste Kraft eine allzuheftige Erschütterung nicht übersteht, so verfällt auch die perennirende Quelle in ausserordentlichen Fällen dem Vergänglichkeitsgesetz aller irdischen Dinge. — Ausdauernde Quellen werden am häufigsten in Gneis, Grauwacke, Glimmer- und Thonschiefer gefunden, weniger schon im Muschelkalk und bunten Sandstein, deren starke Zerklüftung das Wasser zu tief sinken lässt. Es ist verständlich, dass in den ausgedehnten Gebirgen, welche von jenen geologischen Formationen hergestellt werden, woselbst in der Regel massenhafte Verdichtungen des

atmosphärischen Wasserdunstes stattfinden und die Flüssigkeit durch lockere, wenig imbibitionsfähige Bodenschichten oder unmittelbar durch Spalten und Löcher in die ungeheuren Vorrathskammern hinabrinnt, Jahreszeit und Witterung den Quellen wenig schadet oder nützt, weil der in kürzeren Zeiträumen gelieferte meteorische Zuschuss gegenüber dem enormen bleibenden Vorrath verschwindet. — Sehr constant ist das Wasserquantum der aus den Gletschern entspringenden Quellen, für welche als von besondrer Art natürlich die Voraussetzung eines subterranen Speisungsreservoires wegfällt, die periodisch abschmelzende Eismenge aber ebensowenig veränderlich ist, als die langsame, doch bei dem beständigen Contact mächtige Einwirkung der Erdwärme.

Seihquellen, welche das in unbewaldeten Ebenen fallende Regenwasser sammeln und die von kleineren Massen schmelzenden Schnees oder Eises ernährten Wasserabflüsse sehen ihren Vorrath bald und oft erschöpft, und zeigen hinsichtlich ihrer Fülle oder Armuth einen leicht übersichtlichen Zusammenhang mit den meteorischen Erscheinungen. — Weniger deutlich tritt diese Beziehung hervor, wenn der nächste Anlass des wechselnden Flüssigkeitstandes in der Gleichstellung der Oberflächen liegt, wonach zusammenhängende Wassermassen selbst unter unerwarteter Ueberwindung grosser Schwierigkeiten streben, wie sich dies in der Nähe grösserer Gewässer bemerklich macht. Hieher gehört vielleicht des Plinius im zweiten Buch der historia naturalis gegebene Erzählung, dass einige Quellen bei Cadix an den Bewegungen der Ebbe und Flut Theil haben, während die Behauptung von Astruc, dass eine Quelle in der Nähe von Krackau bei Vollmond stärker sei, als im Neulicht, entweder auf einer unsicheren Thatsache beruht, oder eine unbegründete Beziehung zwischen zwei Erscheinungsreihen aufstellt, welche die Periodicität theilen können, ohne im Causalbezug zu stehen.

In unmittelbarer Abhängigkeit von den meteorischen Ereignissen stehen die Maibrunnen oder Hungerquellen Norddeutschland's. Mitten im Flachland brechen sie gewöhnlich im Mai hervor, bleiben aber nur 2—3 Monate mächtig, um dann fast auf ein Jahr zu verschwinden. Halten sie die gewohnte Zeit ihrer Erscheinung nicht ein, so deutet dies auf grosse Trockenheit des Erdreiches, während ihr reichliches und längeres Fliessen anzeigt, dass der mit Feuchtigkeit durchsättigte Boden das von höheren Punkten herbeifliessende Wasser nicht mehr aufsaugt, was für den ganzen Sommer auf den Pflanzenwuchs einen so unvortheilhaften Einfluss hat, dass die Landleute zur zweiten der erwähnten Bezeichnungen veranlasst wurden. — Sonst gibt es noch zahlreiche Ursachen von manchmal höchst regelmässigen Quellenintermittenzen. Abgesehen von mechanischen Abflusshindernissen durch Verstopfung der Kanäle mit Sand und Schlamm,

welche die Flüssigkeit, nachdem sie zu bestimmter Druckhöhe aufgestaut ist, mehr oder weniger eruptiv überwindet, sind Ansammlungen von Gasen, ungleiche Vertheilung des Luftdruckes und eine heberartige Gestaltung der Quellenkanäle die allgemeinen Anlässe der oft höchst interessanten Erscheinung, für welche die Anführung weniger Beispiele genügt. Der Bullerborn von Altenbekum bei Paderborn, seit 1665 beobachtet, zeigt im Sommer, falls er nicht ganz ausbleibt, sechsstündige Perioden des Abflusses, in den übrigen Jahreszeiten solche von $4^1/_4$ Stunden. Der Engslerbrunnen im Berner Land hat eine doppelte Periode, eine jährliche zwischen Mai und August, eine tägliche zwischen 4 Uhr Nachmittag und 8 Uhr Morgens. — Als eine ganz unregelmässige oder über säculare Perioden verbreitete (?) Intermittenz müsste man es betrachten, wenn unter den gegenwärtigen Gesichtpunkt vereinzelte Erscheinungen gezogen werden wollten, wie das ohne erkennbaren Anlass plötzlich eintretende Versiechen des Carlsbader Schlossbrunnen am 2. September 1809 und seine erfreuliche Wiedererscheinung am 15. Oktober 1823.

Da viele intermittirende Quellen von hoher Temperatur sind, auch häufig mancherlei Gase führen, wird wohl die tief versteckte geologisch-chemische oder sogenannte vulkanische Thätigkeit des Erdinnern und der hiebei zu hervorragender Rolle berufene Wasserdampf in die Kette von Ereignissen aufgenommen werden müssen, von denen wir nur die letzten und oberflächlichsten Folgen sehen.

§. 316. Wenn nach Humboldt das grosse Quellensystem der Erdrinde, wohlthätig das Leben anregend und erhaltend, seit Jahrtausenden dem Organismus zurückgibt, was dem Luftkreis vom Regen an Feuchtigkeit entzogen wird, so erstreckt sich über dies Lob die Thätigkeit und Bedeutung der Quellen noch weit hinaus, indem sie mechanisch wühlend und chemisch lösend die Architektonik der Erdkruste mitbestimmen, dann allmälig anschwellend die Verbindungswege natürlicher Wirkungen wie menschlicher Beziehungen herstellen. — Ausser dem sichtbaren Ursprung von Bächen und Flüssen sickert ihnen oft am Boden oder an den Seitenwänden der Betten Quellwasser zu, welches zuweilen aus grosser Tiefe kommend und demgemäss mit höherer Wärme ausgestattet, dem Stromwasser eine mildere Temperatur verleiht und die Eisbildung mindert oder verzögert. Auch in die Seen führen unsichtbare Quellen frisches Wasser; sonst würde abgesehen von andren Verlusten die bei grossen Flächen gar nicht geringfügige Verdunstung die Füllung bald namhaft verkleinern. Selbst das Meer hat seine Süsswasserquellen, deren eine von Humboldt an der Mündung des rio Lagartos beim Cap Catoche 400′ vom Ufer entfernt fand.

B. Eigenschaften des Quellwassers.

a. Temperatur.

§. 317. Die Temperatur der Quellen ist das Resultat derjenigen der speisenden meteorischen Wasser, des unterirdischen Ortes ihrer Ansammlung und der Stelle des Ausflusses. Die letztere kommt abgesehen von directer Besonnung oder zufälligen Umständen wenig in Betracht, und auch jenen überwiegt, wenn er oberflächlich liegt, der erstere Factor, welcher umgekehrt zurücktritt, wenn in grösserer Tiefe das Wasser von der inneren Erdwärme beherrscht wird. Dort ist die Quellentemperatur veränderlich, jedenfalls nach den Jahreszeiten, oft so rasch, dass die Tagesschwankungen der Luftwärme sich darin spiegeln, hier wenn nicht absolut constant, doch sehr wenig variabel. — Der Unterschied zwischen warmen und kalten Quellen ist an den Grenzgebieten blos von relativer Bedeutung. Bringt das meteorische Wasser in die unterirdischen Reservoirs die mittlere Ortswärme mit, obwohl die Atmosphäre und das durchsickerte Erdreich das zuweilen aus sehr hohen Wolken stammende Schnee- und Regenwasser nicht immer bis zum fraglichen Grad erwärmt, und liegt der Sammelplatz des Wassers tief genug, dass die Sonnenstrahlen durch die im Allgemeinen die Wärme nicht sonderlich leitenden Erdschichten keinen erheblichen Einfluss auf die erworbene Temperatur üben, so ist das Wasser im Sommer kühler, im Winter wärmer, als die atmosphärische Luft. In Mitteldeutschland genügt zur Begründung dieser Erscheinung eine Tiefe von 25 Metern; etwaige Schwankungen bleiben auch für die grössten Extreme der Jahreszeiten in den engen Grenzen von 1—2° C.; anhaltende Regen haben nur bei ausgesprochen periodischem Charakter einen merklichen Einfluss, indem unter vorherrschendem Sommerregen die Quelle ein wenig wärmer, bei überwiegendem Winterregen etwas kälter ist, als nach den übrigen Umständen zu erwarten wäre.

Vom Aequator gegen die Pole nimmt selbstverständlich die Temperatur der constanten kalten Quellen analog doch nicht einfach proportional der oberflächlichen Wärmevertheilung ab. — Von der geographischen Breite hängt auch innerhalb gewisser Grenzen die Rückwirkung der Quellentemperatur auf die Luftwärme ab. In der gemässigten Zone ist sie günstig für die Milde des Frühlings und Herbstes, für die Kühlung im Sommer, und die Erwärmung im Winter; unter den Tropen tritt sie wegen der grossen Nähe des oberen und unteren Temperaturganges sehr zurück; in hohen Breiten erkalten die eisigen Quellen den kurzen Sommer und tödten, was dieser schaffen wollte. Die Ansiedler von Norland fürchten desshalb die Quellen

als eine Sündenstrafe und in Island befreit man den Boden, welcher zum Gedeihen des Kornes eine mittlere Wärme von 8,5° C. zur entscheidenden Zeit braucht, aber oft von auch im Sommer nur 2° C. warmem Wasser durchrieselt wird, von diesem durch Abzuggräben.

Die Veränderung der Quellentemperatur mit der vertikalen Erhebung über den Meerespiegel haben die Gebrüder Schlagintweit in den Alpen erforscht. Ihre Abnahme geschieht danach etwas langsamer, als jene der mittleren Jahreswärme der Luft, welche hier 1° C. für 540′ beträgt. Dieser den Quellen günstige Unterschied wächst mit der Höhe. Die Isothermalflächen, welche die Punkte gleicher mittlerer Quellenwärme verbinden, erheben sich um so mehr über das Seeniveau, je bedeutender die mittlere Anschwellung des umgebenden Bodens ist.

Im Allgemeinen sind die Schwankungen der Wasserwärme kleiner, als in der Luft, der Zeit nach diesen folgend und zwar um so später, je geringer sie sind. Die höchste Wärme reicher ausdauernder Quellen fällt in unsren Gegenden gewöhnlich auf den September, die niedrigste in den März, während die Extreme der atmosphärischen Wärme ersichtlich um ein paar Monate vorgerückt sind.

In einer gründlichen Untersuchung über Luftwärme, Regenmenge und Quellentemperatur unterscheidet Hallmann geologische Quellen mit völlig beständiger Wärme, meteorologische, deren Temperaturmittel von der Erdwärme unabhängig ist. Bei ihnen hängt die thermische Abweichung von der jährlichen Regenvertheilung ab; sie sind kälter, als die Luft, wenn der Regenantheil von December bis März $33^1/_3$ proc. beträgt, während bei Verlegung dieses Werthes auf die Zeit von Juli bis Oktober sie die Lufttemperatur in positivem Sinne übertreffen. An den meteorologischen Quellen von unentstelltem Mittel ist die Temperaturabweichung vom Luftmittel die nach der jährlichen Regenvertheilung möglichst grösste; wo dagegen die atmosphärische Wärme einen störenden Einfluss geltend macht, wird ein angenähertes Mittel angenommen. — Meteorologisch-geologische Quellen heissen solche, deren Temperatur durch die Erdwärme erhöht ist, so dass sie unabhängig von der Regenvertheilung stets wärmer als die Luft sich verhalten, doch aber in thermischer Hinsicht nicht ganz unveränderlich, sondern von äusseren Einflüssen schwach bestimmt erscheinen.

§. 318. Warme Quellen, die medicinisch zu so hoher Bedeutung gelangten Thermen, würde man nach dem vom Grade der inneren Körperwärme, aber durch viele Nebenumstände verwirrten individuellen Gefühl sehr unsicher beurtheilen. Nennt man dagegen in jeder Zone eine Quelle warm, wenn ihr Temperaturmittel dasjenige der Luft übersteigt, oder höher ist, als aus den örtlichen Wärmever-

hältnissen des Bodens und der meteorischen Niederschläge sich ergibt, so erhält man zwar einen festen Anhaltspunkt, sieht aber sogleich, dass eine absolute Grenzangabe des Thermogrades, jenseit dessen das aus der Erde kommende Wasser als Warmquelle bezeichnet werden darf, unmöglich, weil local abhängig ist.

Die Fundstätten der Warmquellen sind weit verbreitet, auf Festland und Inseln, nah und fern dem Meere, in den verschiedensten Höhen; vulkanische Regionen sind zwar in der Regel reich an Thermen, ohne dass ihnen jedoch die heissesten zukämen, selbst dann nicht, wenn das aufsteigende Wasser wie im wildesten Kochen sprudelt, denn dies kann bei verhältnissig niedrer Wärme durch stürmische Gasentwicklung bedingt sein, wie in Wiesbaden. Die geognostische Formation des Quellengebietes hat nur insofern Bedeutung als sie die Anlage tiefer mit der Oberfläche zusammenhängende Bassins mehr oder weniger begünstigt, und als den verschiedenen Bodenarten eine abweichende Leitungsfähigkeit und Capacität für die Wärme zukommt. —

Am heissesten mögen die aquas calientes de las Trincheras in Südamerika, aus Granitfelsen hervorbrechend, sein, deren Temperatur Boussingault 1823 auf 97°, Humboldt 1800 zu 90,3° C. bestimmte. Dieser beträchtliche Unterschied kann so exacten Naturforschern gegenüber nicht in Beobachtungsfehlern, aber auch schwerlich in tieferen bleibenden Aenderungen der Sachlage begründet werden; vielmehr liegt wahrscheinlich die Ursache für den früher niedrigeren Befund in localen zufälligen und vorübergehenden Zuströmungen kälteren Wassers, wie denn die Eingebornen wohlweislich ihre natürlichen heissen Bäder durch Beileitung kalten Quellwassers willkürlich in der Temperatur verändern. Doch hätten auch dauernde und wesentliche Modificationen der Quellentemperaturen nichts Ueberraschendes, vielmehr muss bei den nicht seltenen Zerstörungen durch Erdbeben und bei den leiseren aber unaufhörlichen chemischen und mechanischen Veränderungen an der Erdoberfläche wie im Innern auffallend erscheinen, dass die meisten Warmquellen Jahrhunderte lang Stoffgehalt und Temperatur unverändert bewahrt haben, demnach vermuthlich aus wasserführenden Räumen stammen, deren Verzweigungen nach Humboldt's Meinung wenigstens seit zweitausend Jahren ihre hauptsächliche Gestalt beibehielten. Dass einige Quellen Griechenlands weder Entstehungsort noch Temperaturgrad seit Homer's Zeiten geändert hätten, mag philologisch, keinesfalls aber physikalisch erweislich sein, dass dagegen die warmen Bäder von Mont d'or les Bains in der Auvergne ihre Temperatur von 47° C. seit Julius Cäsar bewahrten, ist glaublicher, denn sie wurden unter letzterem gern ohne, wenigstens durch keine Spur verrathene, Abkühlungsvorrichtungen gebraucht, deren Anbringung von den hygienisch vorsichtigen und ver-

wöhnten, auch dabei architektonisch sehr gründlich vorgehenden Römern gewiss nicht versäumt worden wäre, wenn damals die Wasserwärme jenen für den Menschen gerade noch mit Behagen erträglichen Grad überstiegen hätte. Vom Carlsbader Sprudel, dessen Wärme Berzelius 1822 auf 74° C. bestimmte, ist bekannt, dass er 1770 ebenso heiss war und auch jetzt nach mehr als hundert Jahren weder wärmer noch kälter geworden ist. — Allerdings gibt es auch gegentheilige Aufzeichnungen, für welche jedoch meist ein gewaltsamer vulkanischer Anlass oder selbst der specielle Entstehungsmodus erkenntlich war. Als im September 1759 der Jorullo über die mexikanische Ebene plötzlich 1580′ emporstieg, verschwanden die zwei kleinen Flüsse Rios de Cuitimba y de San Pedro und nachher brachten heftige Erdstösse heisse Quellen an Stelle der gewöhnlich temperirten Flut hervor, welche noch 1803 auf 65,8° C. erwärmt waren. In Ardebil stieg nach einer im Oktober 1848 ausgebrochenen wellenförmigen Bewegung des Bodens die seit Menschengedenken bei 44° C. standhaltende Temperatur einer Quelle bis fast zur Siedehitze und verblieb darin ein volles Monat.

Andre Abnormitäten werden dadurch veranlasst, dass Verzweigungen der unterirdischen Räume, in denen das Wasser fliesst oder seeartig sich ausbreitet, Zuleitung von Gasen und Flüssigkeiten ermöglichen, welche die massgebende Temperatur der ursprünglichen Oertlichkeit so modificiren, dass ein unerwartetes oder täuschendes Resultat zum Vorschein kommt, und selbst das früher angedeutete Gesetz der nach Oben abnehmenden Quellentemperatur in seiner geothermischen Bedeutung berührt wird. Bisweilen sind die aufsteigenden Quellen wärmer, als nach der Tiefe des Bohrloches zu erwarten wäre, in welchem Falle durch, den Hohlraum umgebendes, besonders gut die Wärme leitendes, Gestein, vielleicht durch Metalladern ein Temperaturzuschuss aus grösserer Tiefe hinzukommt, oder geologisch-chemische Processe Wärme entbinden, oder durch capillare Spalten erhitztes Gas einströmt. Oefter bleibt das Quellwasser unter der einem tiefen Ursprung entsprechenden Temperatur meistens wohl wegen Beimischung kälterer Gewässer, welche aus seitwärts einmündenden höhergelegenen Klüften hereinbrechen. — Hier kann der merkwürdigen kalten Quellen gedacht werden, welche Hallmann in den Apeninnen fand und von denen er sagte, dass sie Kälte aus der Höhe herabbringen. Will man annehmen, dass sie für die Höhe ihres äusserlichen Ursprunges zu kalt seien, oder für ihre niedre Temperatur an zu tiefer Stelle hervorkämen, jedenfalls sind sie auf unterirdische Abflüsse hochgelegener Seen oder subterraner Bassins zurückzuführen, welche selbst unter günstigen Bedingungen starker Abkühlung stehend, ihre tiefe Temperatur in einem keine nennenswerthe Erwärmung gestattenden Rinnsal nach Unten senden. —

b. Bestandtheile des Quellwassers.

§. 319. Das innerhalb der Atmosphäre ablaufende Stadium der Quellwasserbildung ist ein Destillationsprocess, indem die von den Oberflächen der Gewässer durch das thermische Expansivbestreben emporgehobenen Dünste eine Verdichtung in Nebelbläschen und schliesslich eine Sammlung in tropfbar flüssiges Wasser erleiden. Abgesehen von der in der Luft geschehenden Beigesellung von Gasen oder fein suspendirten Körperchen gelangt das Wasser in seiner reinen Zusammensetzung aus je acht Theilen Sauerstoff und einem Theil Wasserstoff in neun Gewichteinheiten zur Erde. Dringt es nicht tief und durch Schichten, welche wenig lösliche Bestandtheile führen, wie durch Sandsteinlager über Urgebirg, so bleibt es höchst rein und enthält als fremdartig fast nur in absorbirtem Zustand atmosphärische Luft, Sauerstoff, Kohlensäure, seltner Stickstoff, welcher unter Anderm in einer Quelle südöstlich von Hossik in Newyork ebensowohl, als im umgebenden Kies vorkommen soll. Es kann unter solchen Umständen selbst in sehr grosse Tiefen gelangen, wo es so heiss wird, dass sein Lösungsvermögen für viele Salze ein beträchtliches schiene, wenn dieselben verfügbar sind. Fehlen sie wie bei oben besagter geologischer Anlage, so treten Quellen zu Tag, welche hohe Temperatur mit grosser Reinheit des Wassers und zugleich mit einer wunderbaren Heilkraft verbinden. (Gastein, Pfeffers) —

§. 320. Fein vertheilte vegetabilische Stoffe, wohl auch Spuren thierischer Reste fehlen kaum einem oberflächlichen Quellwasser ganz, weil kein Punkt der Erde ist, welcher nicht schon Schauplatz des Todes und Zerfalles lebender Wesen war und mithin in jedem Augenblick dem darüber oder durchrinnenden Wasser derartiges Auflösungsmaterial darbietet. Bei raschem Verbrauch ist diese äusserst fein vertheilte und gegenüber dem Wasservolum unter gewöhnlichen Umständen fast verschwindende Beimengung unschädlich, kaum merklich, wenn aber das Wasser in Cisternen oder in Fässern auf Schiffen lange Zeit aufbewahrt und selbst mit genauer Sorgfalt jede Verunreinigung anscheinend verhütet wird, stellt sich doch bald unangenehmer Geschmack und Gährung ein, welche erst weichen, nachdem die suspendirten Körperchen in einem schmierigen Bodensatz sich gesammelt haben. Die in geringem Grad unvermeidliche, doch auch bedeutungslose Verunreinigung des Wassers steigt bedenklich, wenn dessen natürliche Filtrirung in humusreichem Boden geschieht oder in Schichten, welche mit allerlei Zersetzungsmaterial geschwängert sind. Dann kommt es zu reichlicher Aufnahme verderblicher Stoffe und zu Zersetzungsprocessen, welche theils im Boden, theils in der gesammelten Flüssigkeit, theils erst in dem Organismus, welcher sie

aufnahm, ihren oft verhängnissvollen Verlauf nehmen. Es liegt die Vermuthung nahe, dass nirgend mehr gefährliche Gelegenheit zu derartiger Wasserverderbniss geboten sei, als auf und um Friedhöfen, wo das meteorische Wasser, um zu dem oft tief unter der Leichen haltenden Schicht liegenden Grundwasser zu sikern, unmittelbar die Fäulnissproducte und Verwesungseffluvien berührt. Da das weiter gelangende Wasser oft nah oder fern zur Speisung von Quellen, oder häufiger noch künstlicher Brunnen dient, steigen Befürchtungen der Vergiftung durch Leichenstoffe auf, welche Paasch in Berlin zu einer genauen Untersuchung der einschlägigen Verhältnisse veranlassten. Nachdem man das Wasser nach Aussehen, Geruch und Geschmack geprüft hat, wird zur Nachweisung etwaiger organischer Beimengungen ein wenig übermangansaures Kali zugegossen, welches deren Gegenwart durch rothe Färbung und flockigen Niederschlag verräth. Die desfallsige, nach Bedürfniss genauer eingehende und mit reicheren Mitteln ausgeführte, dann aber wohl weniger erfreuliche Resultate ergebende, Prüfung von 51 Brunnen auf 24 Kirchhöfen lehrte, dass abgesehen von der Nähe chemischer Fabriken schlechten Röhrenzeugen und andren Unzukömmlichkeiten alle ein klares geschmack- und geruchloses oder reines Wasser gaben mit völlig irrelevantem organischem Gehalt. So lang dieser, der aus obigen Gründen auch anderwärts nicht absolut auszuschliessen ist, einige Milligramm in einem Kilogramm Wasser nicht übersteigt, und dieses im Uebrigen hell und frisch ist, schadet er der Gesundheit nicht.

§. 321. Zu den Gasen, welche durch Absorption und den organischen Stoffen, welche durch Suspension dem Wasser eigen werden, kommen die Mineralsalze, die sich in eigentlicher Auflösung befinden. Die Art und Menge derselben hängt von der geognostischen Heimath der Quelle ab. Aus kalkhaltigen Lagern wird kohlensaurer, salzsaurer, schwefelsaurer Kalk heraufgeführt, um so mehr, je besser ein Gehalt an freier Kohlensäure das Wasser zur Lösung dieser Salze befähigt. Sowohl durch die freiwillige Verdunstung an der Oberfläche, als noch mehr beim Sieden entweicht diese grossentheils, die Lösungsfähigkeit des überdies in der Quantität zum Vortheil des Dunstes reducirten Wassers wird vermindert und der Kalk bildet dort gewaltige und zierliche Tropfsteinformationen, hier weissgraue Krusten in den Kochgefässen. — Kochsalz, in kleineren Mengen Talk und Eisenoxydul, führt fast jedes Wasser und zwar so sehr zum Heile unsrer Ernährung, dass wenigstens das erstere, wenn es fehlte, beigesetzt werden müsste. — Ueberhaupt ist der Mineralsalzgehalt des Quellwassers zwar geeignet, es für manche technische und ökonomische Zwecke weniger gut zu machen, als das dafür passendere Regen- oder Fluss-Wasser, deren Qualificirung als weiche eben

auf ihren äussert geringen Salzgehalt sich bezieht, aber für das Trinkwasser ist jener innerhalb gewisser Grenzen geradezu Bedürfniss. Werden diese überschritten, so liefert die Quelle Mineralwasser engeren Sinnes. — Die leichten Säuerlinge, welche den Processen tiefer vulkanischer Thätigkeit zu entstammen scheinen und in Deutschland häufig aus dislocirten Schichten in geschlossenen Ringthälern hervorbrechen, wirken erfrischend, anregend und können bei mässigem gelegentlichem Gebrauch als milde Lebensreize gelten. Alle andren Mineralwasser äussern mehr oder weniger einen anomalen Einfluss auf den Organismus, welcher nur bedeutungsvoll erscheint, sofern es sich um Beseitigung oder Linderung krankhafter Zustände handelt. Da deren Betrachtung einer besondren Wissenschaft, der Balneologie, anheimfällt, gehe ich weder auf die besondren Eigenschaften der Mineralquellen, noch der, oft diesen Charakter tragenden, doch auch ohne denselben als Heilbäder angesehenen Thermen näher ein, und bemerke bloss, dass diese immer, jene in der Regel ein sehr tiefes Eindringen der meteorischen Wasser ins Erdreich voraussetzen, dass dieses sämmtliche Stoffe, welche in der wässerigen Lösung erscheinen, enthalten und dem Lösungsmittel darbieten muss, und dass letzteres meist um so mächtiger wirkt, je mehr sich mit raschem und reichem Zufluss eine hohe Temperatur des Wassers verbindet. — Die hier nicht in Betracht kommende analytisch-chemische Untersuchung der Mineralwasser ist so umfassend und genau durchgeführt, dass in vielen Fällen an eine erfolgreiche künstliche Nachahmung der Naturerzeugnisse gegangen werden konnte. Doch hat die Sache auch ihre physikalische Seite, freilich im Einzelnen noch so wenig aufgehellt, dass nahebei mystische Elemente an unberufener Stätte provisorische Unterkunft suchen. Wer wollte leugnen, dass der wirkliche Aufenthalt an der Heilquelle und ihr frischer Genuss eminente Vortheile gewährt und manchmal noch Nutzen bringt, wo das Kurverfahren im Krankenzimmer längst allen Einfluss verlor, aber wer wird verkennen, dass neben der psychischen Einwirkung einer neuen Lage veränderte Diät, Bewegung und Luftwechsel, an der Quelle selber aber die unverdorbene Temperatur, wie sie aus der Erde mit heraufgebracht wird, die ungeschwächte Sättigung mit frischen Gasen, und wenn man Zweifelhaftes, kaum Glaubliches doch immerhin Mögliches zulassen will, die noch nicht vertauschte oder abgespannte elektrische Ladung Wunderwerke zu verüben vermögen, welche die poëtische Fiction dem Brunnengeiste zuschreibt? —

2. Die Brunnen.

B. Vorrichtungen zum Wasserheben.

a. Artesische Brunnen.

§. 322. Nur selten, wenigstens in Städten, ist dem Menschen die Entnahme seines Trink-, Haushaltungs- und Geschäftsbedarfes an Wasser aus einer Quelle vergönnt; oft muss in wasserarmen Gegenden die Regenflut in Cisternen gesammelt, öfter noch nach Wasser in die Tiefe der Erde gegraben werden. So entstehen die freilich immer auf natürlichen Bedingungen beruhenden doch künstlich angelegten Brunnen.

Wird etwa 20′ tief durch die lockeren Bodenschichten ein senkrechter Kanal gegraben, eine Röhre eingerammt, aus dem Innern die Erde geräumt, das gewöhnlich zu unterst vorliegende harte Gestein mit schweren Metallmeiseln durchschlagen und schliesslich die annähernd cylindrische Höhlung mit festen Wänden versehen, so hat man gethan, was an mechanischen Vorbereitungen zur Herstellung eines artesischen Brunnen nöthig ist. Sobald eine Wasserader angestochen wird, gespeist vielleicht von einem entlegenen höheren Reservoir, springt aus dem Bohrloch das Wasser nahezu so hoch, als der dortige Stand oder die ihm unter Einrechnung aller Widerstände entsprechende Druckhöhe fordert. Die Zuversicht, auf unterirdische Wasseransammlungen zu gelangen, darf ziemlich gross sein, wenn die aus der geognostischen Formation entspringenden Fingerzeige beachtet werden. Ins Urgebirg selber dringt das meteorische Wasser nicht, aber da auf den Spitzen und Wölbungen gewöhnlich starke Zerklüftung herrscht, geht es durch Spalten leicht in die Tiefen, so dass in seltenen dringenden Fällen, etwa innerhalb eines Festungsrayon, das Suchen selbst da zu günstigem Resultate führen kann. Das Uebergangsgebirg ist wasserreicher, in noch höherem Grade Flötzgebirg, überhaupt jüngeres geologisches Gebilde; das aufgeschwemmte Land dagegen wird wieder ärmer daran. Die Unterlagen der für die artesischen Brunnen nothwendigen Wasseransammlung werden am häufigsten von Urgestein, eisenhaltigem Mergel oder Thon gebildet. Hat man ersteres beim Bohren ohne Erfolg erreicht, so ist auf keinen weiter mehr zu rechnen; dagegen darf das Aufschliessen ärmlicher Wasservorräthe vom Weitergraben nicht abschrecken, weil oft reichere darunter liegen. Beispielweise ging man einmal in Erlangen 200′ tief durch folgende Schichten: Sand, fester Thonsand, grauer Sandstein, brauner Thon, grauer thonhaltiger Sandstein, brauner Thon, Sandstein, erste Wasserader, Dolomit,

blauer Thon, Dolomit, eisenschüssiger Mergel, blauer Thon, grauer Sandstein, mergeliger Sandstein, Dolomitconglomerat, zweite Quelle, eisenschüssiger Mergel, sandhaltiger Kalk, grauer Sandstein, eisenschüssiger Mergel, Dolomit, eisenschüssiger Mergel, blauer Thon, grauer Sandstein, dritte Wasseransammlung, eisenschüssiger Mergel, grauer Sandstein, blauer Thon, grauer Sandstein, eisenschüssiger Mergel, harter quarziger Sandstein, über letzterem die vierte Quelle, welche indess gleich jeder der drei andren das Wasser nicht bis zur Oberfläche trieb.

Mit geringeren Kosten doch nicht auf so sauberem Wege gelangt man zum unterirdischen Wasser durch einfache Anlegung sogenannter Bohrlöcher, welche weiter und schneller in die Tiefe gehen, als beim Graben in gleicher Zeit möglich ist. Ueberdies verliert sich im letzteren Falle, wo das Wasser auf grösseren Flächen blosgelegt wird, dieses im Emporsteigen leicht ins obere lockere Erdreich, während in den engen Bohrlöchern es oft springbrunnenartig in die Höhe geht.

Nordafrika und China kennen seit uralter Zeit sehr tiefe Bohrlöcher, aus denen Wasser emporkommt. In Europa hatte vielleicht Niederösterreich diese Einrichtungen am frühesten, doch führt Dominicus Cassini ihre erste Benützung auf Italien zurück. Weiter bekannt wurden sie erst im Anfang dieses Jahrhundert durch viele erfolgreiche Bohrungen in der französischen Grafschaft Artois und auch danach benannt. Eine gewisse Berühmtheit erlangte der artesische Brunnen von Grenelle bei Paris, 1683′ tief. 350 m von ihm entfernt in Passy wurde 1855—61 ein zweiter von 1805′ Tiefe angelegt, welcher täglich 20000 cub. m. Wasser von 28° C. Temperatur gibt, wogegen der erstere seitdem 400 cub. m. weniger als sonst (900) liefert. Das Neusalzwerk von Preussisch-Minden geht bis zur einstweiligen Maximaltiefe von 2094,5′. —

b. Pumpen.

§. 323. Wenn die natürliche Steigkraft des Wassers durch den hydrostatischen Druck nicht genügt, es auf den zum Gebrauch wünschenswerthen Punkt zu heben, wird in der Regel der Luftdruck zu Hilfe gerufen, indem man unter einem in der Pumpröhre emporgehenden Kolben einen leren Raum herstellt, in welchen allmälig durch die äussere Atmosphärenpressung das Wasser getrieben wird.

Kläglicher ist nie die Hohlheit eines jener allgemeinen Begriffe zu Tag getreten, welche eine philosophirende Betrachtung der Natur von Oben herab formulirt, um anscheinend mit einer Redensart etwas Thatsächliches zu erklären, als in der Blossstellung des horror vacui bei der fruchtlosen Arbeit der italienischen Brunnengräber, welche zu dem wundersamen Resultat führte, dass jene angebliche Abneigung der Natur nur bis 32′ vertikaler Wasserhebung reiche, dann aber eine willkürliche, fast lächerliche, doch praktisch sehr unbequeme

Beschränkung sich auferlege, unerklärlich selbst für *Galilei*, welcher die bald nach seinem Tode 1643 erwiesene *Lehre vom Luftdruck* seinem Schüler *Toricelli* als eine indess durch jenen wohl zur Reife vorbereitete Frucht überlassen musste. Jedenfalls wurde durch die überraschende Erfahrung in allen Denkenden ein mächtiger Zweifel an der Unfehlbarkeit aristotelischer Aufstellungen erweckt, und es ist ein Glück gewesen, dass es sich dabei um eine zur entscheidenden Zeit im öffentlichen Leben gemachte, mit seinen Bedürfnissen zusammenhängende Thatsache handelte. Der Anbruch einer neuen naturwissenschaftlichen Epoche, welche mit einer culturhistorischen Umgestaltung Hand in Hand geht, der Sieg der *mechanischen Anschauungsweise* und die Zerreissung blinder autoritativer Anfessellung wurde durch das an sich unbedeutende Ereigniss namhaft gefördert. Ein wunderbares Zusammentreffen innerer Entwicklungsphasen und äusserlicher Anlässe erfreut nicht selten den aufmerksamen Verfolger des mit dem allgemeinen Culturkampf in innigster Verbindung stehenden wissenschaftlichen Fortschrittes. —

§. 324. Die Kunst oder die Technik eilt fast allemal der Wissenschaft voran. Die hier in Rede stehende *Saugpumpe* hat wohl schon der Alexandriner *Heron* um 222 v. C. gekannt und Gebrauch wurde von ihr vermuthlich zu allen Zeiten und Orten menschlicher Betriebsamkeit gemacht. Nachzudenken über den Grund einer Erscheinung pflegt der ausserhalb der, einen gewissen Culturstand voraussetzenden, wissenschaftlichen Forschung stehende Mensch erst, wenn sich an ihr etwas Auffälliges, zugleich dem Bedürfniss Widerstreitendes, also zur Bekämpfung Reizendes kundgibt, was hier der Fall war, wenn man das Wasser über 28—32′ heben wollte, weil der Luftdruck keine höhere Wassersäule trägt. Für eine grössere Steighöhe kann man die in der Flüssigkeit selber wegen ihrer fast vollständigen Incompressibilität und leichten molekularen Verschiebbarkeit gesicherte *Fortpflanzung des mechanischen Druckes* benützen. Dies geschieht in der *Druckpumpe*, welche sich von der vorigen vornehmlich darin unterscheidet, dass ihr Kolben massiv ist und beim Niedergang das Wasser durch ein mit der Spitze abwärts gekehrtes, also nur der Pressung von Unten weichendes Kegelventil unter gleichzeitigem Verschluss des Saugventiles in die Steigröhre presst. Die Höhe der darin gehobenen Wassersäule hängt von der erschwinglichen und anwendbaren mechanischen Pressung ab, und ist hervorzuheben, dass eine beliebige factisch natürlich immer in bestimmten Grenzen eingeschlossene Hubhöhe nur durch Aufwand einer besonders und absichtlich erzeugten, gewöhnlich einer organischen Quelle entstammenden Kraft erreicht wird, während die unmittelbar gegebenen Ursachen der Wasserhebung, das Gesetz der communicirenden Röhren

und der Luftdruck, in ihrer Wirksamkeit nur bis zu gewissen Werthen steigen, welche in der Praxis wegen mancherlei Mängel und Widerständen nie erreicht werden. Da diese Normen im natürlichen Zusammenhang der Stoffe und Kräfte begründet sind, besteht für sie ebensowenig, wie für irgend ein Naturgesetz, welches eben nur der formale Ausdruck thatsächlicher Verhältnisse ist, eine Ausnahme und wird jeder exorbitante Fall in besondren Umständen begründet sein. So musste auch Brisson's Erzählung, eine einfache Saugpumpe in Spanien hebe das Wasser über 32′, selbst in diesem Lande der Wunder vor der nüchternen Erklärung verstummen, dass die gehobene Säule aus abwechselnden Schichten von Wasser und mitgerissener Luft bestand.

§. 325. Von grossem hygienischen Interesse für vorübergehende Menschenansammlungen in militärischen Lagern oder bei Messen und Festlichkeiten, doch auch an bleibenden Niederlassungen ist die zuerst im nordamerikanischen Krieg bekannt gewordene Norton'sche Methode der Brunnenbohrung. Gewalzte eiserne Gasröhren von 30 Millim. Weite, durch Gewindmuffe verbunden, laufen unten in eine angeschweisste viereckige Stahlspitze aus und können oben mit einer kleinen Handpumpe vereinigt werden. Vor dem Einrammen sollte wo möglich die Tiefe der in Aussicht stehenden Wasserschicht ermittelt sein zur Bestimmung der nöthigen Röhrenlänge, ausserdem muss während der Arbeit öfter mit dem Senkel sondirt werden, um nicht die Flüssigkeit nutz- und erfolglos zu durchtäufen. Auch der Bohrgrund bedarf zeitweiser Exploration, denn feste Felsen sind gar nicht zu bewältigen und tiefe Lehmlager erschweren die Arbeit so bedenklich, dass ihrer Fortsetzung meist die Auswahl einer neuen Stelle vorzuziehen ist. Zum Einrammen legt man 2–3′ über der Spitze um die durchlöcherte Röhre eine Kluppe mittels zweier Bolzen, welche anfangs nicht ganz fest angezogen, aber nach den sie namentlich in hartem Boden lockernden Schlägen der Katze stets scharf eingestellt werden sollen. Der Rammklotz wird von Oben über die Röhre bis auf die Kluppe geschoben, oberhalb welcher in 6′ Entfernung die Rollen für die Tragseile befestigt sind. Höherlegung der Kluppe wird natürlich nöthig, so oft sie die Bodenfläche berührt. — In der Regel kann, wenn die allmälig aus den einzelnen Stücken zusammengestellte Röhrenleitung 40 Centim. tief in eine vorgefundene Wasserschicht eingedrungen ist, die Pumpe aufgeschraubt und mit ihr, nachdem die Kolbenliderung durch eingegossenes Wasser luftdicht gemacht ward, die zuerst schlammige doch bald sich klärende Flüssigkeit heraufgeschafft werden. — Bei grossem Widerstand der Bodenschichten bringt man an der Röhrenmündung eine Druckpumpe an, vermittelst deren Wasser mit grosser Gewalt hinabgetrieben, das Erd-

reich erweicht und dem Grundwasser der Zugang zum Brunnen geöffnet wird. — So leicht wie eingesetzt wird diese Vorrichtung weggenommen, indem man die Kluppe etliche Zoll ober der Erde ans Rohr befestigt und beiderseits eine Winde arbeiten lässt oder den Rammklotz von Unten aufschnellt. —

§. 326. Die mittels einer Pumpe geförderte Wassermasse ist in einem Cylinder gegeben, dessen Grundfläche dem Querschnitt der Kolbenröhre, dessen Höhe dem Hubweg des Kolben gleicht, vervielfacht mit der in die Berechnungszeit fallenden Anzahl der Hübe. Dies theoretische Quantum wird vom factischen nie erreicht. — Vom äusseren Atmosphärendruck geht gegenüber dem inneren soviel in Abrechnung, als das Gewicht der schon gehobenen Wassersäule beträgt. Ihr Gewicht und dasjenige von Kolben und Stange, die Trägheit der Maschinentheile wie des Wassers, die Adhäsion beider, die innere Reibung der Flüssigkeitstheilchen sind lauter Widerstandsquellen der Bewegung; der genaue Anschluss des Kolben an die Röhrenwände vermehrt die letzteren, ist aber für die Leistungsfähigkeit der Pumpe so unerlässig, dass dafür durch eigene Liderung gesorgt wird, indem der überragende Rand eines um den Kernkegel gelegten Ledermantels beim Emporgang des Kolben vom Wasser gegen die Stiefelwände gepresst wird, oder in oberflächlichen Ringnuthen des metallenen Kolbenkernes das in besondren Kanälen zugelassene Wasser Lederstreifen hervorwölbt.

c. Andere Wasserhebmaschinen.

§. 327. In complicirteren stets grosse Verluste der Betriebskraft herbeiführenden Wasserwerken ist im Allgemeinen das Princip der Saug- und Druckpumpe vereinigt, oft mit mehrfacher Wiederholung der wesentlichen Glieder, namentlich wenn das Wasser in höhere Behälter geschafft werden soll, um von da in Röhren, etwa zur Speisung eines Springbrunnen, zur Wasserversorgung weitläufiger Räumlichkeiten, zu gemeinsamen Badeinrichtungen vertheilt zu werden. — In diesen Fällen, deren genaue technische Erledigung eine umfassende Aufgabe für sich darstellt, erscheint besonders misslich, dass die Arbeit einer einfachen Druckpumpe zwischen Saugen und Pressen wechselt, mithin stossweise vor sich geht. Um gleichmässiges Ausfliessen des Wassers zu erzielen, braucht man daher doppeltwirkende Pumpen, deren Spiel im Wesentlichen darauf hinausläuft, dass der in einer Mittelröhre auf- und abgehende Kolben gleichzeitig auf zwei dazu parallele Cylinder wirkt, von denen durch geeignete Lage und

Oeffnungsweise der Ventile der Eine Flüssigkeit von Unten ansaugt, der andre nach Oben presst.

Ein sehr beliebtes und wirksames Mittel, Gleichförmigkeit der Strömung herzustellen, ist die Benützung des Heronballes oder Windkessels. Der massive Kolben der Pumpe a (Fig. 24) saugt beim Hinaufgang aus b Wasser empor und presst dieses abwärts gehend durch das Ventil c in den Raum d; hier verschliesst es bald die untere Oeffnung der Röhre ef und sperrt in d eine Luft ab, welche um so mehr an Spannkraft gewinnt, je kleiner ihr vom Wasserstand in d abhängiges Volum wird. Die Bewegungen der arbeitenden Stücke können leicht so regulirt werden, dass der abgesperrten Luft für längere Zeit ein constanter Spielraum also auch ein gleichbleibender Einfluss auf das bei f herausgepresste Wasser gewährt wird.

Fig. 24.

B. Physikalische Eigenschaften des Brunnenwassers.

§. 328. Die physikalischen Eigenschaften des Brunnenwassers weichen nicht wesentlich von denjenigen des Quellwassers ab. In der That besteht ja auch der ganze Unterschied der Erscheinung beider darin, dass letzterem von Natur aus, diesem durch die Kunst ein Ausweg geöffnet ist. — Bewegt, wie in den meisten Fällen, der Luftdruck das Brunnenwasser, so geht es nicht weit in die Tiefe und liegt deshalb der Wasservorrath einer natürlichen Quelle in der Regel insofern unter günstigeren Verhältnissen, als grössere Unabhängigkeit von Jahreszeit und Witterung besteht, welche wenigstens bei Extremen oder längerer Dauer ihrer Processe dem die Brunnen speisenden Grundwasser veränderliche Eigenschaften hinsichtlich der Temperatur, deren Jahresvariation hier 3,6—4, dort nur 1,3° C. im Durchschnitt beträgt, der Farbe, des Geschmackes, und der suspendirten und gelösten Bestandtheile verleihen; in letzterer Hinsicht können 10mal mehr Sulfate und Chloride, wie 40mal mehr Nitrate im Brunnen- als im Quellwasser sein (Reichardt.) Auch treten gewöhnlich die Quellen in viel besserer localer Umgebung zu Tag, als die Brunnen, welche ihrer Bestimmung gemäss mit Vorliebe an Orten angelegt werden, wo menschliche Betriebsamkeit am lebhaftesten sich regt, aber auch am häufigsten ihre unvermeidlichen unreinen Spuren dem hiemit zur Infection des Wassers befähigten Boden mittheilt. Bedeckt auch meist eine glückliche Sorglosigkeit die hierin schlummernde Gefahr, so tritt sie doch zuweilen drohender ans Licht.

§. 329. Aus hygienischen Gründen sollte häufiger von der gegenwärtig auch im kleinen, den Bedürfnissen einer Haushaltung entsprechenden Maassstab sicher und bequem ausführbaren Filtration Gebrauch gemacht werden. Der höchst zweckmässige Busse'sche Wasserfilter besteht aus einem eisernen, innen emaillirten Gefäss von umgestürzter Glockenform; unter dem aufgeschraubten, die Zuleitungsröhre durchlassenden Deckel liegt die erste Schicht grobkörniger Thierkohle, getrennt mittels eines durchlöcherten Glassturzes von einer zweiten feineren Lage desselben Materiales. Nachträglich passirt das Wasser noch zwei central untereinandergestellte Kohlenbehälter und gelangt dann erst zum Ablasshahn. Die fein vertheilte, höchst poröse, mit mächtiger Oberflächenanziehung ausgestattete Kohle absorbirt die meisten fremden Beimengungen von beliebiger Form und Beschaffenheit, ja noch mehr! durch Ausscheidung der pflanzlichen und thierischen Elemente, welche besonders den Genuss des damit geschwängerten Wassers gefährden, wird dasselbe nicht bloss in engerem Sinne filtrirt, sondern wirklich desinficirt. Dieses Desinfectionsvermögen der Kohle hat indess seine zeitlichen Grenzen, welche viel enger liegen, als für die Wirksamkeit der Filtration. Solche wird auch von alten lang gebrauchten Apparaten anstandslos ausgeführt, aber eigentlich desinficiren kann die Kohle das Wasser nicht mehr, sobald sie eine ihrem Volumen entsprechende Menge schädlicher Bestandtheile aufgenommen und gebunden hat. Von da ab erklärt sie Kühne sogar für einen Heerd der Infusorien- und Pflanzensporen-Entwicklung. Längeres Einweichen in eine wässerige Lösung hypermangansauren Kali's kann die übersättigte Kohle wieder brauchbar machen, denn jenes Reagens oxydirt alle ohnedem der langsamen Verbrennung zustrebenden organischen Materien so rasch und gründlich, dass man es zur directen Reinigung des Trinkwassers vorschlug. Man träufelt nach dieser wenig ins Leben eingedrungenen Methode demselben so lang jene Salzlösung zu, bis die sofort auftretende aber bei vorhandener Verunreinigung bald wieder verschwindende röthlich-violete Färbung einigen Bestand hat; es ist nicht so schwierig, dies zu treffen, als langweilig, danach das Absetzen der farbigen Masse und der langsam sinkenden braunen Flocken fein vertheilten Brunnensteines abzuwarten. Man greift deshalb lieber zu einer Lösung von zwei Theilen Tannin und einem Theil Zucker in drei Theilen Wasser und fünf Theilen Weingeist, wovon 12—15 Tropfen ein Halbliter schlechtesten Wassers rasch und gut desinficiren, indem die Gerbsäure auch bei grosser Verdünnung nach Hager die mikroscopischen Organismen tödtet. Dem Tanningehalt verdankt auch der Rothwein seine in fraglicher Hinsicht wohl bekannte Wirksamkeit, während Alkohol nebst seinen Abkömmlingen höchstens den Geschmack verbessert, desinficirend durch Vernichtung der orga-

nischen Keime aber erst dann wirken könnte, wenn er in grosser, den Charakter des Wassers überhaupt verändernder Menge wäre beigesetzt worden.

§. 330. Sicherer und einfacher als die auf chemischen Reactionen beruhenden Zusätze, erweist sich die Wärme, indem in der Siedehitze des abgekochten Wassers die beigemengten Gase entweichen, pflanzlichen und thierischen Substanzen aber jegliche Lebensfähigkeit entzogen wird. Nach dem Erkalten ist das Wasser rein, schmeckt aber schal und fade, weil auch die erfrischende Kohlensäure fortging. Diese dürfte überhaupt dem Brunnenwasser, wenn es seicht steht oder gar in kleineren Quantitäten in irgend einem Raum der Vorrichtung emporgehoben stagnirte, durchschnittlich öfter und mehr fehlen, als dem Quellwasser. Im Nothfall, wie bei der calorischen Desinfection, kann durch künstliche Imprägnirung mit beliebig vieler, aus doppelkohlensaurem Natron und Weinsäure am besten in Liebig'schen Krügen dargestellter, Kohlensäure geholfen werden.

§. 331. Temperaturbeobachtungen des Brunnenwassers wurden vielfach angestellt, unter Anderm mit grosser Ausdauer zu Strassburg bei 5 m. Tiefe und in Potsdam an drei Senkbrunnen. Die Wärmeverhältnisse der Brunnen schliessen sich ziemlich nah an den betreffenden Verlauf im Boden der Umgebung an. Störend auf den regelmässig proportionalen Gang der Temperaturgrade wirken vornehmlich zwei Ursachen. Das Einsinken der kalten Winterluft in den Schacht, wo sie oft bis zum Spätfrühling mechanisch wie thermisch fast unveränderlich steht, kühlt das Wasser bis zu einer selbst in warmen Tagen nicht ganz weichenden negativen Anomalie ab. Von entgegengesetztem Effect ist ein secundärer Zusammenhang des Hauptreservoir mit tieferen Klüften, welche durch Uebermittlung der Erdwärme das Brunnenwasser förmlich heizen. — In Vergleich mit der örtlichen Luftwärme ist die Temperatur des Brunnenwassers durchschnittlich etwas höher und weniger schnell variabel.

C. Das Grundwasser.

§. 332. Als gemeinsame Grundlage der Brunnen und vieler Quellen ist, wie mehrmal auseinandergesetzt wurde, die ungeheure, im Wesentlichen der ganzen Erdoberfläche eigene, doch in verschiedenem Grade vertheilte Wasseransammlung zu betrachten, welche aus der Wechselwirkung der meteorischen Niederschläge und der physikalischen Eigenschaften der Bodenschichten resultirt. — Dies Grundwasser hat nun ausser den schon erwähnten Beziehungen insofern eine selbständige hygienische Bedeutung, als sein Verhalten von nam-

haften Autoritäten mit dem allgemeinen Gesundheitstand, beziehungsweise mit furchtbaren Epidemien in Zusammenhang gebracht wird.

Die nächste Basis unsrer Wohnungen ist in der Regel sehr porös, also sowohl der Luft, als dem Wasser, aber auch den zahllosen Abfallstoffen thierischen und pflanzlichen Lebens mehr oder weniger zugänglich, überdies auf unsichtbaren Bahnen in Zusammenhang mit oft weit verbreiteten unterirdischen Gebieten, deren gasiger und flüssiger Inhalt nach aëro- und hydrostatischen Gesetzen fernhin wirken kann. Der Einfluss des Untergrundes auf das Leben über ihm hat danach von Vorn herein viel Wahrscheinliches, ja wird im allgemeinen Sinne überhaupt nicht abgeläugnet und höchstens in seiner besondren ätiologischen Beziehung bezweifelt oder als offene Frage discutirt.

Berücksichtigen wir zuvörderst nur die überall vorhandenen Medien: Luft und Wasser, so ist klar, dass ganz abgesehen von allenfallsigen Verunreinigungen ihr gegenseitiges Verhältniss im porösen Boden dessen physikalische Eigenschaften beträchtlich modificiren wird, oder dass die jeweilige Grenze der Grundluft und des Grundwassers einen nicht unwichtigen hygienischen Factor bilden kann. Jene erfüllt den trocknen Boden nur in den obersten Schichten in einer der freien Atmosphäre entsprechenden Zusammensetzung; schon in der Tiefe eines Meter hat ihr Kohlensäuregehalt eine Höhe erstiegen, welche einem normalen Athmungsbedürfniss als unzuträglich bezeichnet werden muss, und namentlich im Sommer bis zu 5 m. hinab in bedeutenden Dimensionen zunimmt. Wenn danach die Zersetzung verschiedenartigen Bodeninhaltes, als deren Ausdruck die reichliche Kohlensäurebildung erscheint, schon in trocknem Erdreich erheblich ist, so erfährt dieselbe eine unvergleichliche Steigerung und Beschleunigung, wenn das Wasser zu periodischer Mitwirkung gelangt. Dies ist unter gewöhnlichen Umständen unvermeidlich. Der meiste Untergrund menschlicher Wohnstätten ist fähig, bis zum dritten Theil seines eigenen Umfangs Wasser aufzunehmen, welches von den mit wenigen Ausnahmen allerwärts verfügbaren meteorischen Niederschlägen und von den wässerigen Abgängen der menschlichen Wirthschaft und Industrie je nach Menge und Fülle, wie nach der von den Niveauverhältnissen abhängigen Zeit und Form der Auflastung, beziehlich dem mit ihr verbundenen Druck mehr oder weniger rasch und reichlich eindringen, in der Tiefe aber nach der geologischen Beschaffenheit sich vertheilen wird. — Das einsickernde Wasser ist immer ziemlich stark verunreinigt, weil es über und durch die Erde rinnend zahllose Abkömmlinge menschlicher, thierischer und pflanzlicher Thätigkeit aufnimmt, welche in Folge der mächtigen Flächenanziehung von Seite der Porenwände grossentheils in den oberen Schichten hängen bleiben, wo sie, wenn das Grundwasser tiefer sinkt, vom

Sauerstoff der nachrückenden Luft im günstigsten Zustand der Zersetzbarkeit angetroffen werden. Diese Periode des sinkenden Grundwassers ist demnach die gefährlichste, indem unter solchen Umständen der putride Zerfall organischer Massen weit energischer vorschreitet, als bei gänzlicher Trockenheit oder völliger Durchsäufung des Bodens. — Die variable Grenze der Grundluft und des Grundwassers zu verfolgen, sowie die damit verbundenen Erscheinungen, hinsichtlich deren unter Andern Virchow die niederste Temperatur beim höchsten Stand, die höchste nahezu beim stärksten Sinken des Grundwassers fand, bleibt auch dann eine wichtige hygienische Aufgabe, wenn man nicht bis in die letzten Consequenzen der medicinischen Grundwassertheorie vorgehen will.

Hier werden wir schon aus methodologischen Gründen von einer genauen Discussion der desfallsigen Fragen absehen müssen, und bloss erwähnen dürfen, dass an eine ausschliessliche und specifische Bedeutung des Grundwassers oder vielmehr der mit seinen Veränderungen verbundenen Zersetzungen für die Keime der Cholera und des Typhus wohl nie gedacht worden ist, eine Begünstigung der örtlichen epidemischen Einnistung und Verbreitung aber ebenso leicht mit den physikalisch-chemischen Erscheinungen des sinkenden Grundwassers in Zusammenhang gebracht, als in vielen Fällen statistisch nachgewiesen werden kann. Die Choleraimmunität absolut trockner Wüsten, wie vollkommen durchfeuchteter Flussländereien, die mit bekannten meteorologisch-klimatischen Verhältnissen in Beziehung stehende Sommermonsuncholera in Lahore und die Frühlingscholera in Calcutta einerseits, Buhl's Beobachtungen in München und Seidel's Berechnung, dass eine Wahrscheinlichkeit von 36000 gegen 1 für den Zusammenhang zwischen fallendem Grundwasser und Typhus herrsche, anderseits sind so bestimmte Thatsachen, dass es um so schwieriger hält, an blosse Zufälligkeiten zu denken, als jede andre Anschauung, auch die auf das Trinkwasser bezügliche, über viel geringere wissenschaftliche Unterstützungsmittel verfügt.

3. Die Wasserleitungen.

A. Alte Einrichtungen.

§. 333. Gutes und reichliches Wasser von Quellen oder Flüssen her in Städte zu leiten und daselbst so zu vertheilen, dass jederzeit und überall das Bedürfniss danach befriedigt wird, gehört zu den wichtigsten Aufgaben der öffentlichen Gesundheitspflege. Die Einsicht und Bethätigung der von ihr in dieser Hinsicht gegebenen Vorschriften ist uralt, muss aber doch immer wieder da und dort von Neuem geweckt werden. Die Babyloner, Perser, Egypter besassen Stein-

bauten mit geneigten Flächen, auf denen das Wasser einen natürlichen Abfluss vom Bezugs- zum Verbrauchort hatte. Die grossartigsten Reste von Aquäducten stammen indess aus der Römerzeit. Vielleicht schon 614 a. C. wurde von Ancus Marcius die erste Wasserleitung, sicher eine 305 a. C. durch Appius Claudius angelegt, wozu später noch 13, nach Andren 19 kamen. In geeigneten Zwischenräumen der oft über doppelten Mauerbogen, oft unter der Erde hinlaufenden steinernen und bleiernen Kanäle und Röhren standen grosse Behälter (piscinae), auf dass sich daselbst der Schlamm allmälig absetze. Aus den Hauptsammelbassins in Rom vertheilten unter Nerva 13594 Röhren von 1″ Durchmesser in 24 Stunden anderthalb Million Eimer Wasser, während die zu Zeiten des Kaiser Nero und Trajan bestehenden neun gedeckten Wasserleitungen, zusammen 60 geographische Meilen lang, fähig waren, täglich 40 Million Kubikfuss Wasser zu liefern, so dass nach dem damaligen Bevölkerungsstand auf jeden Einwohner etwa 40c′ trafen. — Auch die Provinzen vergass die grossartige hier einem so würdigen Objecte zugewandte Baulust der Römerzeit nicht; mächtige Ruinen derartiger Werke stehen bei Metz und bei Segovia, wo auf 159 theilweise doppelten Steinbogen von oft 34 Ellen Höhe das Wasser 3000 Schritte weit geleitet ward, sowie an vielen andren Orten.

Von späteren Unternehmungen mag des grossen damit verknüpften Namens wegen die Wasserleitung des Copernicus in Frauenburg namhaft gemacht werden. Eine halbe Stunde östlich von dieser Stadt mündet die kleine aber reissende Baude ins frische Haff. Ihr Wasser leitete Copernicus durch Vermittlung zweier Schleussen und eines Wehres fast eine Stunde weit zu einem Thurm, hob es in diesem durch ein Kasten- oder Kannenwerk auf 78′ und liess es von da auf den 600′ entfernten Domplatz laufen, wo es in einer vertikalen Erhebung von 60′ über dem Meeresspiegel gesammelt ward, um schliesslich in die Wohnungen der Domherren vertheilt zu werden. Eine allgemeine Fürsorge für das Gemeinwesen stand jener von den Rücksichten auf die bevorzugten Standesinteressen erfüllten Zeit fern. Durch eine Inschrift aus zwei lateinischen Distichen auf dem zerfallenen Wasserthurme ist der Irrthum berichtigt, in welchen sowohl Kaestner als Westphal fielen, da sie auf Grund weitverbreiteter Angaben die Passarge für die Frauenburger Wasserleitung benützen lassen und den betreffenden Thurm an deren Ufer drei Meilen von der Stadt entfernt setzen. — Ausserdem verdienen kurzer Erwähnung die Wasserleitungen von Alcantara (Lissabon), Arcueil, Marly, Versailles, letztere unter Louis XIV. 7000 Klafter lang 2560′ hoch auf 242 Arkaden angelegt.

B. Neuere Wasserleitungen und deren Anlage.

§. 334. Seit Dampfkraft und Maschinentechnik durch ihren riesenhaften Aufschwung die Lösung früher unnahbarer Aufgaben erlaubten, konnte auch an Orten, wo ohne jene mächtigen Bundesgenossen vor den äusseren Schwierigkeiten man hätte zurückschrecken müssen, an die Einrichtung guter Wasserleitungen gedacht werden, durch deren Gewährung jedes städtische Gemeinwesen gewinnt. Nachweislich hat auf den Bedarf an Wasser und die für Reinlichkeit und Gesundheitspflege keineswegs gleichgiltige Gewohnheit, dasselbe verschwenderisch oder sparsam zu verbrauchen, die grössere oder geringere Leichtigkeit, sich dasselbe zu verschaffen, entscheidenden Einfluss. Auch der Stand der Gewerbe und der Betrieb von mancherlei Geschäften erfährt in der Regel einen glücklichen Aufschwung, wo Wasser reichlich, bequem und wohlfeil zu haben ist.

§. 335. Hinsichtlich der Anlegung von Werken zur Wasserversorgung einer Stadt wird man zu den grossartigen Bauten des Alterthumes, welches Material und Arbeitskraft unter schonungsloser Ausbeutung menschlicher Leistungen billig zu beschaffen wusste, kaum mehr zurückkehren, wo nicht die örtliche Lage eine kostbare Structur fordert, wie von New-York ein steinerner Aquäduct $40^1/_2$ englische Meilen weit bis zum Bretonfluss geführt wurde, oder wo nicht antike monumentale Reste benützt werden konnten, wie bei Paris an drei Stellen oder in Marseille längs einer Strecke von 13 geogr. Meilen. —

§. 336. Ob Quell- oder Flusswasser der Stadt zugeleitet werden soll, lässt sich selten unabhängig von äusseren Umständen nach rein theoretischen Erwägungen, welche allerdings für jenes sprechen, entscheiden. Selten ist ersteres reich- und nachhaltig in der Nähe vorhanden oder darf doch nicht immer seinem Wurzelsystem ohne Rücksicht auf die nächstliegenden Localinteressen ohne Weiteres und vollständig entzogen werden. Zum Trinken ist es zweifellos am besten; dagegen leistet das Flusswasser allen ökonomischen und industriellen Zwecken so treffliche Dienste, dass ihrer auch im Verbrauchsquantum überwiegenden Forderung die Annehmlichkeit des Genusses häufig weichen muss, wenn man nicht etwa die allerdings ausgezeichnete aber kostspielige Einrichtung doppelter Leitungen acceptirt.

a. Sammlung des Wassers.

§. 337. Das Speisungswasser eines Quellengebietes, welches Reclam als Unterwasser dem Oberwasser der Flüsse gegenüberstellt, wird mittels gemauerter Saugkanäle ohne Sohle oder ergiebiger in durchlöcherten Thonröhren gesammelt. — Das Flusswasser, auf

welches in der Praxis der Wasserleitungen vornehmlich Rücksicht zu nehmen ist, wird entweder direct in Kanälen zugeleitet, oder mittels Pumpen in hochgelegene Behälter geschafft. Bei Liverpool fliesst das Wasser ohne alle Maschinenthätigkeit 24 engl. Meilen weit in 50—100′ hoch eingedämmte Bassins, welche 500 Millionen c′ fassen und von da durch natürliches Gefäll in die Stadt. In Hamburg führt ein über 4′ weiter rund gemauerter Kanal des oberhalb der Stadt sehr reine weiche, nur nach heftigem Regen lehmige Elbwasser in drei Ablagerungsreservoirs, deren jedes über $2^1|_2$ Million c′ Wasser aufnimmt. Binnen einer Woche haben sich daselbst alle erdigen Theile abgesetzt, worauf das geklärte Wasser ins Maschinenhaus läuft, um durch kolossale Druckwerke, deren wuchtige Thätigkeit auch dem Laien imponirt, auf einen hohen, in der Mitte des Hofes stehenden Thurm gehoben, und von da durch natürlichen Fall über die Stadt vertheilt zu werden. Leider nimmt das Wasser in den Bassins unter Einwirkung der Sonnenstrahlen und des feinen Staubes organischen Zersetzungsmateriales einen unangenehmen Geschmack an, welcher seinen technischen Gebrauch nicht hindert, aber zu persönlichen Zweken die meist in den Haushaltungen einzeln besorgte Filtration nöthig macht, deren Product ich indess nicht sehr wohlschmeckend fand.

§. 338. Wo eine allgemeine Filtration des Wassers im Grossen beabsichtigt ist, werden weite 10—15′ tiefe mit Erdwällen umgebene Hohlräume durch festgestampften Thon und eingedrückte Kieselsteine wasserdicht gemacht. Die Innenwände fallen schief ab und der Boden ist gegen die Abflussseite schwach geneigt; längs demselben liegen Backsteinröhren, deren obere Wand vielfach durchbrochen ist oder es verläuft unter dem horizontalen Boden ein 2′ breiter 15″ tiefer Mittelkanal, zu welchem mehrere mit hohlen Stossfugen gegemauerte Querröhren gehen. Der Zwischenraum ist mit Quarz und Granit ausgelegt, welche das Wasser zurückweisen und zwingen, die Röhrenwege aufzusuchen. — Das eigentliche Filtermaterial, beispielsweise in Altona aus rein gesiebtem scharfem Sand: 3′, Kies von Erbsengrösse 3″, von Bohnengrösse 3″, von Haselnussgrösse 3″, von Wallnussgrösse 6″, von Faustgrösse 9″ hoch zusammengesetzt, ist entweder vertikal übereinander geschichtet, oder mehrere Behälter sind terrassenförmig angeordnet, wobei die oberste Etage groben, die mittlere feinen Kies, die untre Flusssand enthält. Hier können einzelne Filtrirschichten, deren unterste wenig leidet, nach Bedarf leicht mit neuen vertauscht werden, während im ersten Fall die mindestens vierteljährig wünschenswerthe Reinigung höchst mühsam und so zeitraubend ist, dass, um nicht das ganze Unternehmen ins Stocken zu bringen, von Vornherein die Herstellung einer Reserveanlage rathsam erscheint. Lässt man indess die Sache nicht zu weit kommen,

so genügt auf lange hin die öftere Wegnahme und Frischaufschüttung der obersten Zoll dicken Sandschicht, denn hier gibt die durchgehende Wassermasse, deren Quantität dem Druck gerad, der Schichtendicke verkehrt proportional ist, die meisten Sinkstoffe ab und ist schon bei 15 Ctm. Tiefe so rein, als sie überhaupt durch Filtration wird. — Uebrigens wird neuerdings sehr in Frage gestellt, ob der Nutzen der Filtration zu ihren Kosten in richtigem Verhältniss stehe, und man neigte sich auf der jüngsten hygienischen Versammlung in Danzig Reichardt's Meinung zu, dass die natürlichen Filter durch ihre eigene Thätigkeit bald wirkungslos werden, die künstlichen aber das Wasser zwar klären, aber nicht eigentlich reinigen.

b. Vertheilung des Wassers.

§. 339. Wo Filterbassins vorhanden sind, geht das Wasser nicht unmittelbar von ihnen in die Röhrenleitungen über, sondern gelangt zuerst in grosse Behälter dritter Reihe, welche zur Abhaltung der Temperatureinflüsse dick überwölbt und durch Schornsteine gelüftet werden. Die Verbindung der dreierlei Hauptreservoirs für Ablagerung, Filtrirung und Ansammlung des Wassers ist so einzurichten, dass nöthigen Falles der Reinwasserbehälter ausgeschaltet, die Flüssigkeit direct aus den Filtern zur Stadt geleitet werden kann oder selbst unter Nichtbenützung der letzteren ohne Weiteres aus den Sammelräumen erster Ordnung.

Am besten wird das Wasser so hoch gehoben, dass alle Stücke der Leitung bis zu den obersten der Speisung bedürftigen Punkten nach einfachen hydrostatischen Gesetzen Zufluss erhalten. Da alle Wände der Behälter und Röhren einen andauernden, wenn auch starken Druck viel besser vertragen, als kurze stossweise Angriffe, ist auf eine gleichmässige Arbeit der Druckapparate zu sehen, was am besten durch Verbindung von Wasserthürmen, Windkesseln, und Dampfmaschinen geschieht, deren Kraft man indirect benützen kann, sie zum Heben beträchtlicher Gewichte verwendend, welche niedersinkend das Wasser in den Windkessel pressen, dessen bald abgesperrte Luft durch allmälige Compression eine stetige von der stossartigen Arbeit der Pumpe unabhängige Spannkraft erwirbt. Diese treibt das Wasser bis nah zur Spitze des etwa 200′ hohen Wasserthurmes. Wenn vom erreichten höchsten Punkt die Abfallröhre das Wasser zu den Leitungszweigen herabführt, strömt in denselben die Flüssigkeit unter dem bleibenden Druck einer 200′ hohen Wassersäule, welcher sie an die voraussichtlich erhabensten Punkte der Bestimmung hebt. Um einen oft zureichenden kleineren Druck anzuwenden, ist ungefähr in der Mitte der Thurmhöhe die Möglichkeit gegeben, Steig- und Abfallröhre zu verbinden und ihre obere Hälfte ab-

zuschliessen. Zwischen beiden kann der Schornstein der Maschinenfeuerung aufsteigen, um einerseits einen guten Luftzug zu bekommen, andererseits durch die daran gebundene Wärme das winterliche Einfrieren des Wassers zu verhüten. — Zur seltenen Versorgung ausnehmend hoher Punkte mit Wasser, zur Speisung der Springbrunnen oder bei Feuersbrünsten kann die Zwischenverbindung der Röhren gelöst werden, um sie in voller Länge wirken zu lassen. Um die jetzt nöthige Kraft des Pumpkolbens ohne Aenderung der Belastungsgewichte zu erzielen, sind zwei Pumpen da, welche sonst beide für die kleinere Druckhöhe arbeiten, deren eine aber, wenn die grösste Steigung erzielt werden will, abgestellt wird, so dass ihr jedoch in Bewegung bleibender Kolben kein Wasser saugt und hebt; die Gewichte wirken dann nur auf einen Pumpkolben, welcher halb soviel Wasser, aber zur doppelten Höhe fördert.

Das Wasser in der Vertikalröhre des Wasserthurmes fällt um so schneller, je grösser der Verbrauch ist. Dabei wird der von den sinkenden Gewichten bewältigte Gegendruck der rasch abströmenden deshalb nach rückwärts weniger reagirenden Flüssigkeit kleiner, jene, ihn leicht besiegend, beschleunigen daher ihre abwärts gehende Bewegung und in Folge dessen arbeitet durch Vermittlung des Balancier die Maschine lebhafter. Bei geringerem Verbrauch bleibt der Wasserstand in der Abfallröhre länger in grösserer Höhe, der Gegendruck der aufgestauten Flüssigkeit gegen die Gewichte ist dauernder und bedeutender, sie verschieben sich nur langsam und der Gang der Maschine wird verzögert. Dem gänzlichen Stillstand des Verbrauches entspricht der höchste Druck des stagnirenden Wassers, den die Gewichte nicht überwinden, so dass die Maschine in Consequenz dieser inneren Regulirung stillsteht.

§. 340. Von der Hauptleitungsröhre wird entweder an jedem einzelnen Verbrauchsort eine Abzweigung gemacht, oder was in Rücksicht der Solidität, sowie des leichteren, das Uebrige ungestört lassenden Anschlusses neuer Zweige besser, wenn schon kostspieliger ist, es laufen in den Hauptstrassen parallel dem Centralkanal engere Nebenröhren, mit Absperrschiebern versehen, von denen erst die Seitenäste an den betreffenden Stellen abgehen. Ist der Reichthum einer Wasserleitung sehr gross, so geschicht dies vor Allem an den öffentlichen Brunnen, um denselben beständigen Zufluss zu verschaffen, welcher natürlich, wo Grund zur Sparsamkeit besteht, auf wenige Punkte und kürzere Verbrauchzeiten zu beschränken ist. — Zur Häuserversorgung wird manchmal auf dem Dachboden ein Behälter aufgestellt, den die Strassenröhre speist; ein Schwimmer, dessen aufwärts gekehrter Stil ein Ventil im Füllungskanal mehr oder weniger lüftet und schliesst, steigt mit dem Wasser im Reservoir und

sinkt bei dessen allmäligem Verbrauch. Vom Behälter gehen in die einzelnen Wohnungsräume Röhren, welche durch Hähne nach Bedarf geöffnet und geschlossen werden. — Diese Einrichtung leidet an zwei Uebelständen; einmal hängt der Druck an den einzelnen Verbrauchstellen von deren Entfernung vom häuslichen Reservoir und nur indirect, kaum merklich, von der Pressung in Hauptleitung und Gesammtwerk ab; dann wird in Privathäusern bei verhältnissmässig geringem Verbrauch Güte und Frische des von der Hauptmasse getrennten Wassers namhaft verlieren. Angenehmer ist deshalb die unmittelbare Wasserversorgung der einzelnen Gebäudetheile durch Zweigleitungen vom Hauptkanal her.

§. 341. Um die Wasserleitung der Speisung der Brunnen, der Ausspülung der Rinnen und Abzugkanäle, dem Feuerlöschen, der Industrie und dem Gewerbe für besonders dringliche Fälle dienstbar zu machen, müssen an bestimmten Stellen der Strasse mechanische Vorrichtungen getroffen sein, welche das Wasser augenblicklich unter starkem Druck zu entnehmen gestatten. Die hiezu bestimmten Wasserstöcke, Schieber oder Hydrants sind Ventile, durch Schrauben auf eine Oeffnung der Strassenröhre gepresst. Wird das Ventil gehoben oder die Schraube gelockert, so treibt der Seitendruck das Wasser in starkem Strahle heraus oder in einen daneben angebrachten Behälter, von wo aus es in Schläuchen weiter geleitet werden kann. Zur schnellen Auffindung der unterm Strassenpflaster liegenden Wasserstöcke tragen die Häuser präcise Zeichen.

§. 342. Trotz aller Vorsicht kann beim Legen oder Prüfen der Leitungsröhren, auch beim übereilten Oeffnen der Nothschosse eine Kanalwand bersten, was zur Störung in der städtischen Wasserversorgung führt. Selbst bei unverletzten Bestandtheilen der Leitung wird, wenn eine Feuersbrunst an beschränktem Ort sehr viel Wasser in kurzer Zeit absorbirt, anderwärts für diese Periode eine schwächere Zufuhr bestehen. Es ist daher gut, am höchsten Punkt der Stadt ein Hochreservoir anzulegen, welches in Hamburg 100000c′ fasst. In dasselbe, welchem zur Ertragung eines ungeheuren Druckes sehr starke Grund- und Wandmauern gegeben werden, führt eine zwölf- bis sechzehnzöllige Zuflussröhre und durch den Boden ein ebenso weiter Abflusskanal zur Hauptleitung. Absperrschieber erlauben jegliche Regulirung des Zusammenhangs zwischen dieser und dem Hilfsbassin bis zu dessen gänzlichem Verschluss. Ein selbstwirkendes Ventil sorgt für den Weggang des überschüssigen Wassers.

§. 343. Als Material für die Röhrenleitungen ist Metall, Holz, Stein und gebrannter Thon, selbst Glas benützt worden. Erstere Sub-

stanz wird immer die Hauptrolle spielen, ist jedoch nicht ganz unbedenklich, worüber schon aus dem Jahre 1826 eine Erfahrung bekannt ist. Nachdem Humphrey Davy den Kupferbeschlag der Schiffe dadurch hatte schützen wollen, dass er durch Aufnietung eines Zinkplättchens einen elektrischen Gegensatz hervorrief, der am Kupfer im negativen Sinn sich äussernd dessen Oxydation und Auflösung durch Seewasser hinderte — freilich gegen Eintausch eines die praktische Verwerthung der Idee illusorisch machenden unmässigen Beschlages mit thierischen Kalkpanzern, nahm Dumas Anlass, dasselbe Prinzip im umgekehrten Falle anzuwenden. Die Bleiröhren, welche das Wasser von den Hügeln in der Nachbarschaft der Seine herabführen, verstopften sich oft an den mit Schmelzlot bearbeiteten Verbindungsstellen durch Ablagerung kohlensauren Kalkes aus der daran reichen Flüssigkeit. Aehnliche Inkrustationen erfuhren die kupfernen Hähne. Versah man nun die Bleiröhren in Abständen von 20—30′ mit kurzen bleiernen Seitenröhren, welche mit einem in eine bis zum Hauptkanal herabreichende Stange verlängerten gusseisernen Stöpsel verschlossen waren, so sollte die hiemit hervorgerufene elektrische Differenz alle Krystallisationen der im Wasser gelösten Salze hier zusammendrängen, wo sie leicht zu entfernen waren. — Ausserdem sind die bleiernen Röhren wegen Abgabe giftigen Stoffes gefürchtet. Nach Frankland verliert jedoch das Wasser seinen oxydirenden Einfluss auf das Blei, wenn es durch Thierkohle filtrirt wurde, vermuthlich wegen Aufnahme von etwas phosphorsaurem Kalk, denn ein geringer Gehalt davon war der einzige Unterschied, welchen er zwischen dem Wasser des Kent und Wyrnwy auffand, wovon ersteres das Blei stark, letzteres gar nicht angreift, während Dumas gleichfalls von kalkhaltigem Wasser kein Bleioxyd von Schroten aufnehmen sah, was salzfreies reichlich that. Nach Leblanc's Versuchen schützen auch Glauber- und Bittersalz, Chlornatrium und -Kalium, in der Verdünnung von 0,0001 das Wasser gegen Bleiinfection. — Beigrand behauptet auf Grund der berechneten Länge aller Bleiröhren der Pariser Wasserleitungen, dass das Wasser viel zu schnell in ihnen sich bewege, um merkliche Spuren des Metalles aufzunehmen, denn selbst die Innenflächen 200 Jahre alter Bleiröhren von 1670 zeigten sich ganz unverletzt. — An eisernen Leitungsröhren bemerkte man zuerst in Grenoble knollige, auf Oxydationsprocesse zurückführbare Concremente, welche bis zur stellenweisen Verstopfung der Kanäle wuchsen. Kupferfütterung wirkt diesem Missstand entgegen, macht die Röhren haltbarer und erhöht die Schnelligkeit der Durchströmung.

Hölzerne Röhren sind aus begreiflichen Gründen ganz schlecht; gläserne wären hinsichtlich der Reinlichkeit und ungehinderten Strömung trefflich, lassen sich aber aus technischen Rücksichten in grösserem Maassstab kaum anwenden; steinerne kommen wohl nur in offenen

Kanälen grösserer Aquäducte in Betracht, welche im Alterthum häufig jetzt wo möglich vermieden werden, weil Verunreinigungen des Wassers aus der Atmosphäre und vornehmlich die im Sommer die Frische vermindernden, im Winter den Betrieb durch Eisbildung störenden Temperatureinflüsse nicht hintangehalten werden können. Unterirdische gemauerte Kanäle, denen wir bald zu andren Zwecken begegnen, werden aus Rücksichten der Billigkeit und Raumersparniss durch im Allgemeinen wenig empfehlenswerthe thönerne Röhren ersetzt.

c. Der Wassermesser.

§. 344. Die Apparate zur Messung der gelieferten und verbrauchten Wassermengen werden abgesehen von andern technischen Mängeln in ihren Angaben durch den Wechsel des Druckes im Wasserwerk so stark beeinflusst, dass selten mehr als angenäherte Schätzungen und relative Vergleiche gewonnen werden.

Die Wassermesser beruhen im Allgemeinen auf dem Princip, Gefässe bekannten Inhaltes abwechselnd zu füllen und zu entleren, die dabei geschehenden Oscillationen und Rotationen aber durch einen besondren Bestandtheil des Apparates: den Compteur zu zählen, sowie für später erkenntlich zu machen.

Siemens verbindet ein Hohlgefäss mit einer senkrechten Achse, welche in Zapfenlager und Stopfbüchse leicht umläuft; am untren Ende besitzt das Gefäss horizontale nach gleicher Seite gekehrte Ausflussröhren. Ober der Stopfbüchse sind an der Achse einige Schraubenwindungen eingeschnitten, welche in ein vertikales Zahnrädchen greifen, das die Bewegung auf ein Zählwerk überträgt. Das Wasser tritt aus der Strassenleitung durch eine Seitenröhre in einen von festen Wänden eingeschlossenen Raum und mittels eines vertikalen Leitkanales in das bewegliche Gefäss, wobei eine zwischen dem Hals des letzteren und der Leitröhre befindliche Liderung nicht die Drehung des Behälters, aber das Entweichen des Wassers hindert, so dass dieses bloss durch die horizontalen Seitenarme ausfliesst, das Gefäss gleich einem Reactionsrad durch den Rückstoss in Rotation setzt und zuletzt in einem das rotirende System umgebenden Hohlraum sich sammelt, von wo es in die Fortsetzung der Röhrenleitung gelangt. Die Rotation, welche durch vier Windflügel regulirt wird, verläuft ganz sicher, so lang der Druck unveränderlich bleibt, indem unter dieser Voraussetzung die Anzahl der Drehungen, welche im Einzelnen ein Zeiger auf einem ersten Zifferblatt, ein hundertmal langsamer bewegter auf einem zweiten aber in vollen Hunderten angibt, bloss von der Menge des in bestimmter Zeit durchgeflossenen Wassers abhängt.

§. 345. Oft wird das Wasser den Abnehmern ohne Messung

zur freien Verfügung geliefert, indem man von der meist richtigen Anschauung ausgeht, dass eine muthwillige Verschwendung selten sein und der etwaige Mehrverbrauch durch anderweitige Ersparniss ausgeglichen wird. Man berechnet in diesem Fall den Preis nach dem Miethwerth, nach den bewohnten Räumlichkeiten des Hauses oder durch Combination beider Elemente. Ist der Preis niedrig gegriffen, so lässt sich gegen diese Anordnung, welche dem Wohlhabenden mehr Lasten aufbürdet, als dem Armen, indem beispielsweise von Häusern mit 300—600 Mark Miethwerth und beziehungsweise 5—10 bewohnten Gelassen jährlich resp. 30—54 Mark bezahlt werden, während der Verbrauch nahe gleich, vielleicht in verkehrtem Verhältniss statthat, um so weniger etwas einwenden, als vielmehr empfehlenswerth erscheint, den gänzlich Zahlungsunfähigen öffentliche Freibrunnen zur Verfügung zu stellen.

C. Die Entwässerung der Städte.

a. Allgemeines.

§. 346. Wie die Sorge des vegetativen Menschenlebens sich darum dreht, Nahrung aufzunehmen und das davon nicht Nutzbare oder nach theilweisem Verbrauch Zersetzte auszuscheiden, so kann der Haushalt vereinigter menschlicher Ansiedelungen nur geregelt heissen, wenn gleich sehr für den positiven Bedarf wie für die Wegführung oder passende Verwendung der Auswurfstoffe gesorgt ist.

§. 347. Nachdem das Princip anerkannt ist, dass alle Abfallmaterien vom Boden der Städte fernzuhalten oder noch unzersetzt aus dem Umkreis der Wohnungen zu verbringen sind, handelt es sich bloss um die beste Ausführungsmethode, als welche die Benützung des natürlichen Wassergefälles wohl auch dann noch am einfachsten erscheint, wenn die künstliche Einschaltung eines vermittelnden Röhrensystemes nothwendig wird. Die Wege, auf denen das aus den atmosphärischen Niederschlägen gesammelte Wasser, die Verbrauchsflüssigkeiten der Haushaltungen, der Gewerbe und Fabriken, wie der flüssige Unrath abfliessen, von den alten Römern mit solcher Sorgfalt bereitet, dass die 300 Schritt lange, 12′ weite 15′ hoch überwölbte, den unteren Stadttheil erst bewohnbar machende cloaca maxima als das grösste Bauwerk von den Zeitgenossen gerühmt wurde, sollten so tief liegen, dass alle betheiligten Punkte, namentlich die Keller, ihren feuchten Antheil darein ergiessen können, weil einerseits jeder häusliche Raum so benutzbar sein muss, dass keine zeitweise Durchwässerung darin stört, anderseits die Salubrität und Reinlichkeit der Wohnungen höchlich von der Trockenlegung des Untergrundes abhängt.

§. 348. Für die zweckmässige Anlage eines entwässernden Röhrensystemes sind die örtlichen Verhältnisse von so vielfachem Einfluss, dass sich nur wenige allgemeine Vorschriften geben lassen. — Jedenfalls sollen die Kanäle aus möglichst wasserdichtem Material gebildet sein, doch genügen in Rücksicht der bei grossem Wasservorrath sehr raschen Bewegung des Inhaltes, von welchem also auch in trocknem Terrain wenig aussickert, während bei Umgebung der Röhren vom Grundwasser der grössere Druck eher dieses nach Innen treibt, Backsteine mit Cement und glasirter Thon für die voraussichtliche Sielwasserhöhe. Weder allzugrosse Weite noch ein sehr beträchtliches Gefäll ist für die Röhren vortheilhaft, denn bei kleinerem Querschnitt, dessen Verminderung natürlich nicht so weit gehen darf, dass Verstopfung durch den antrocknenden Koth zu befürchten ist, entfaltet die Schwemmfluth grössere Kraft und fördert leichter die Schmutzmassen; bei zu starkem Gefäll aber kommen die Sammelbassins, aus denen schliesslich die Flüssigkeit entlert werden soll, so tief zu liegen, dass erst eine Hebung durch Dampfpumpen nöthig wird. Von höchster Wichtigkeit ist ferner, dass das Röhrensystem von der Stelle der Ausmündung an, welche nicht rechtwinkelig in den Fluss übergehen soll, sondern schief oder unter Vermittlung paralleler Abfangkanäle, bis zu den Wurzeln zurück nach, der Erstreckung entsprechendem, Verhältniss im Lumen sich verjüngt, indem jedesmal eine Stauung zu besorgen ist, wo weitere Siele in engere münden. Endlich ist noch zu bemerken, dass jedes gute Kanalsystem in seinen Dimensionen denjenigen der zu entwässernden Stadt genau anzupassen ist, dass jede desfallsige zu weit gehende, Vorsorge für die Zukunft etwaiger Stadterweiterungen an der Gegenwart sich rächen müsste, und dass in dieser Beziehung das in Berlin acceptirte Hobrecht'sche Radialsystem sicher allen Ansprüchen und Erwartungen auch der spätesten Enkel gerecht wird. Indem hier mehrere getrennte Röhrensysteme von bestimmten Centralpunkten bis zu den an der städtischen Peripherie gelegenen Mündungen ausstrahlen, ist eine allmälige Ausführung in beliebigen Abschnitten ermöglicht, beim excentrischen Wachsthum der Stadt jeder Zeit Anschluss und Fortsetzung gesichert, bei verhältnissmässig kürzerer Erstreckung der einzelnen Theile aber eine weniger tiefe Anlage und ein vortheilhafteres Anpassen ans gegebene Niveau zulässig.

b. Die Kloakenfrage.

§. 349. Wo systematische Anlagen für die Entwässerung einer Stadt bestehen, oder gemacht werden, erhebt sich früher oder später die Frage, ob es rathsam und vortheilhaft sei, mit jenen die Wegschaffung der menschlichen Excremente zu verbinden, oder

diese gesondert vorzunehmen, und zwar so, dass eine fernere Benützung derselben nicht ausgeschlossen ist. Bei dem theoretisch hoch veranschlagten Dungwerth des Kothes erscheint die zweite Erwägung durchaus am Platz, während anderseits die Aussicht besticht, die in ihrem allmäligen Zerfall unter ungünstigen Nebenumständen der Gesundheit höchst nachtheiligen Materien vor Eintritt der Entmischung schnell, sicher und regelmässig zu entfernen. Die Sache hat also ihre zwei Seiten und verdient, obwohl an sich schmutzig, der hygienischen Bedeutung wegen genaue Betrachtung.

α Die Aborte.

§. 350. Abgesehen von den primitivsten Einrichtungen und Gewohnheiten, welche zuweilen wenig von der thierischen Sitte abweichen, für Entlerung des Darminhaltes bloss das augenblickliche Bedürfniss zu Rath zu ziehen, findet man in den Häusern besondre Räumlichkeiten, welche die Excremente durch Abfallröhren in gemeinsame Sammelgruben führen, häufig, selbst in sonst hygienisch wohl versorgten Städten, bewegliche Kübel, durch ungenügenden Verschluss und einfache Verschläge geschützt, der meist höchst sorglosen zeitweisen Entlerung harrend. Auch die Senkgruben stabiler Aborte lassen oft viel zu wünschen übrig, indem sie zu klein, undicht gewandet, und nebst den zuführenden wie primär aufnehmenden Stücken der inneren Architektonik so schlecht ventilirt sind, dass der aus den Thürspalten der Aborte dringende Ammoniakgeruch, besonders vor und an regnerischen Tagen, deren verminderter Luftdruck die theilweise im Kloakeninhalt nur absorbirten Gase leichter entweichen lässt, das Haus verpestet. Desinfectionen mit Carbolsäure, Eisenvitriol, Chlorkalk ändern wenig an der Sache, weil dieselben nur in öffentlichen Gebäuden unter amtlicher Kontroll gewissenhaft ausgeführt zu werden pflegen, doch selbst da fast nur bei drohenden oder herrschenden Epidemien, ausserdem aber die üblen Folgen der schnellen Entweichung flüssiger Fäcalmassen durch Boden und Wände der Gruben doch nicht verhüten können.

§. 351. Grössere Sicherung gegen hygienische Nachtheile gewähren Abtritte mit ständiger Desinfectionseinrichtung, wie diejenigen von Müller-Schürr mit der wirksamen Masse aus Kalkpulver, Holzkohle und Torf, oder die besseren nach Moule. Hier ist das desodorisirende und desinficirende Mittel getrocknete durch Sieben von den gröberen Bestandtheilen befreite Damm- oder Walderde, welche in einen ober und hinter dem Sitze befindlichen, eisenblechernen, nach Unten abgeschrägten Behälter gefüllt wird, der für gewöhnlich durch eine Klappe verschlossen bei der Benützung durch das Körpergewicht von selbst sich öffnend ungefähr $1^1/_2$ Pfund Erde auf die Auslerung

fallen lässt. — Die feinporöse Erde ist ein so vorzügliches Medium zur Aufnahme der fäcalen Stoffe, dass schon einmal von ihnen verunreinigte durch blosse Trocknung an der Luft zu fernerem Gebrauch wieder befähigt wird, was unter günstigen Umständen sich 5—6 mal soll wiederholen lassen. Demungeachtet berechnet Eigenbrodt für eine Hausgenossenschaft von 15 Personen das vierteljährige Bedürfniss an Desinfectionserde auf eine Wagenladung von 30 Centnern, wonach auch bei namhafter Verminderung dieser Zahl durch mehrmalige Benützung desselben Quantums an eine allgemeine Einführung der Methode, welche eine englische Parlaments-Acte vom Juli 1868 an Stelle der Wasserklosets zu benützen erlaubt, in grossen Städten kaum zu denken ist. — Von bestimmten Erfahrungen über die Erdabtritte lauten diejenigen im Dorfe Halton und im Lager von Wimbledon sehr günstig; hier wurden 148 Abtritte und Pissoirs von 2000 Freiwilligen benützt, wobei vollständige Geruchlosigkeit und ausgezeichneter Gesundheitstand trotz drückender Hitze geherrscht haben sollen. Dagegen sind zu Frankfurt im Senkenberg'schen Bürgerspital, in der Irrenanstalt und im Barakenlazareth auf der Pfingstweide ebenso schlechte Erfolge mit den Erdabtritten erzielt worden, als in dem während des letzten Krieges bei Bingen errichteten Zeltkrankenlager. Indess fällt die Unzufriedenheit und der Tadel in den Berichten nicht sowohl dem Moule'schen System als der schlechten Ausführung desselben zur Last, oder doch ersterem nur dann, wenn sich wirklich herausstellen sollte, dass, wie manche Praktiker im Hospitalwesen behaupten, die letztere ohne unverhältnissmässige Aufmerksamkeit, Strenge und Kosten gar nicht möglich sei, was nach andren Angaben im Allgemeinen wenigstens bezweifelt werden darf.

§. 352. Die Senkgruben stehender Aborte bedürfen einer periodischen Räumung, welche unter Voraussetzung kleinerer Massstäbe und im Ganzen etwas patriarchalischer Einrichtungen von den benachbarten Landwirthen gern, selbst gegen mässige Bezahlung, aber ganz nach ihrem Bedürfniss und ihrer Bequemlichkeit, ohne jegliche Rücksichten auf die städtischen Interessen der Strassenreinlichkeit und Salubrität ausgeführt wird. Sobald polizeiliche Einschränkungen auftauchen, was in einem geordneten Gemeinwesen nicht ausbleiben kann, zeigen sich die Bauern oder Gärtner für Wegfuhr und Entschädigung um so schwieriger, als die Ausdehnung der Ansiedelungen den Stoff immer reichlicher zur Verfügung stellt, aber auch die Verbringung erschwert, zumal der mit dem Wohlstand steigende Wasserverbrauch die der Entlerung harrenden Massen verdünnt und auslaugt. Aus letzterem Grunde ist mehrfach, ohne vollständig befriedigenden Erfolg versucht worden, schon in den Gruben die Auflösungs- und Verdünnungsflüssigkeit abzuscheiden, sie als unschädlich

fortfliessen zu lassen, und die solideren Bestandtheile für den späteren Gebrauch zu concentriren. In Paris geschieht dieser Scheidungsprocess bei der Räumung der Senkgruben. Ihr Inhalt wird rasch, leider meist etwas oberflächlich desinficirt, von der Flüssigkeit durch deren Wegpumpen befreit, dann nach la Vilette gefahren; hier werden die löslichen Bestandtheile der Excremente ausgelaugt und mittels Dampfkraft nach der $1^1/_4$ Meile entfernten Poudrettefabrik zu Bondy gepumpt, wo in grossen Gruben die brauchbaren Stoffe sich absetzen.

β. Das Tonnensystem.

§. 353. In Betracht der hygienischen Nachtheile, welche wir im Gefolge der gemauerten Senkgruben finden, erscheint die Verwendung beweglicher Tonnen zum Sammeln der Excremente als ein Fortschritt. Der Boden wird vor der Infiltration deletärer Stoffe geschützt, die Reinlichkeit des Hauses kann leicht und gut gewahrt werden, die Entfernung der Fäcalanhäufungen geschieht bald und häufig genug um die Gasemanation nicht bis zum gefährlichen Uebermass ansteigen zu lassen und die Verwerthung des dungfähigen Materiales bringt wenigstens zum Theil die im Interesse der Salubrität doch unerlässlichen Kosten wieder ein. — Für etwa 15 Bewohner eines Hauses genügen Abtrittfässer von 2, 4 oder 6 Centner Inhalt, wenn beziehlich die Auslerung derselben alle 2, 5 oder 8 Tage geschieht. Am besten ist, wenn die Tonnen selber auf Wagen oder mit niedrigen Rädern auf Schienen stehen, längs denen man sie zwischen ihrem gewöhnlichen Bestimmungsplatz und einer bequemen Entlerungsstelle hin und herschiebt. Diesem Wunsch kann in öffentlichen Gebäuden, doch schwerlich in allen Privathäusern genügt werden; jedenfalls muss aber auch hier die Wegschaffung streng beaufsichtigt werden, indem bloss deren exacte Ausführung die Vortheile des Tonnensystemes sichert. — Sehr entwickelt ist dasselbe in Graz anzutreffen, zwar im Allgemeinen zur Zufriedenheit der Einwohner, doch keineswegs zum hervorleuchtenden Nutzen der Landwirthschaft, welche so geringen Gebrauch vom Inhalt der Fässer macht, dass er grossentheils unterhalb der Stadt in die Mur entlert werden muss.

γ. Die pneumatische Kloakenräumung.

§. 354. Charles Liernur aus Harlem hat seit 1867 in mehreren Städten, darunter Brünn, Cassel, Cöln, Prag, ferner im Landkrankenhaus zu Hanau die Idee zur Ausführung gebracht, für Sammlung und Wegschaffung der Excremente den Luftdruck in so regelmässiger Weise zu benützen, dass nie eine längere beträchtliche Anhäufung der Fäcalmaterien bis zur Zersetzung eintritt, dass die zum Schaden der Landwirthschaft gereichende Verdünnung der Ejectionsstoffe vermie-

den wird, dass zur Ableitung der Flüssigkeiten bestimmte Kanäle vor jeder excrementellen Verunreinigung geschützt bleiben und dass die Weiterbeförderung des Kothes nicht bloss ohne hygienische Benachtheiligung, sondern selbst ohne sinnenfällige Unannehmlichkeit erfolgt.

An den Strassenkreuzungen sind unter der Erde eiserne Behälter eingegraben, in welche 2—4 Hauptröhren münden, nachdem sie die aus Strassen und Häusern kommenden Seitenkanäle aufgenommen haben. Die aus Gusseisen gefertigten Röhren haben eine Weite von 5—6″; die ersteren besitzen ein Gefäll von 1 zu 80 oder 100, die letzteren gegen jene eines von 1 zu 25 oder 50. Der gegenseitige Anschluss der Röhrenschenkel findet mittels nach Unten gekrümmter Bogen von 7—8″ Tiefe statt, deren Füllung den höchst nothwendigen hydraulischen Verschluss bewirkt. Die Hauptröhre mündet mit S-förmiger Biegung in das Reservoir durch dessen Deckplatte und führt kurz zuvor einen von Aussen stellbaren Messinghahn. Vom Boden des Behälters bis zur Erdoberfläche läuft eine 4—5″ weite Gusseisenröhre, mit welcher der Abführschlauch verbunden werden kann, und von der Decke ein 4″ weiter Kanal zum Luftschlauch. Die Luft in der Hauptröhre ist durch die Syphons der Nebenröhren und den Hahn abgeschlossen. Nachdem die Luft im Reservoir auf ein Viertel Atmosphärendruck verdünnt ist, wird der Hahn schnell geöffnet, worauf in 5—6 sec. eine theilweise Entlerung der von den Aborten her geschehenen Füllung der Röhren stattfindet, während das Uebrige nach raschem Abschluss des Hahnes sich gleichmässig vertheilt. Auf nochmalige ebenso weit getriebene Luftverdünnung folgt wieder Oeffnung des Hahnes, die Luft der Hauptröhre stürzt ins Reservoir, der Inhalt kommt in Bewegung und zwar, weil der erstere mechanische Effect wegen der Dichtedifferenz viel früher und leichter eintritt, als der zweite, unter überall ziemlich gleichmässiger Kraftentfaltung. Bei gleichem Kubikinhalt von Behälter und Hauptleitungsröhre steigt unmittelbar nach Oeffnung des Hahnes der Druck von $^1|_4$ auf etwa $^5|_8$ Atmosphären, so dass $^3|_8$ Atmosphärenpressung nutzbar bleibt, welche einen Luftstrom mit 1440′ Geschwindigkeit befördern kann, was jedesmal stossweise unter gleichzeitiger Entlerung der fein vertheilten Excremente geschieht. Ein 5—6 maliges Drehen des Hahnes in ebensoviel Minuten genügt in der Regel zur Vollendung der Arbeit. — Die Luftpumpe ist auf einen am besten durch Dampf zu beschaffenden Aufwand von vier Pferdekräften berechnet. —

§. 355. Das pneumatische System ist nicht ohne Gegner geblieben und hat namentlich in der Vierteljahrschrift für öffentliche Gesundheitspflege eine scharfe Kritik durch Hobrecht erfahren. Hiegegen veröffentlichte 1870 Capitain Liernur in Frankfurt eine Vertheidigungsschrift, welcher ich, soweit eine Er-

ledigung der Frage hier wünschenswerth erscheint, Einiges entnehme. — Das Hauptangriffsobjekt bildete die desfallsige Einrichtung in der Ferdinandkaserne zu Prag. Liernur hat deshalb mit dem österreichischen Militärbaudirector Major Gerstenbrandt brieflich über mehrere beanstandete Punkte verhandelt, um dieselben entweder positiv ins Reine zu bringen, oder als fremdartig aus der Controverse zu verweisen. Letzteres geschieht sofort hinsichtlich des Vorwurfes, dass schon der üble Geruch der Kasernenaborte die Untauglichkeit des pneumatischen Verfahrens erweise. In Wahrheit sind aber jene älteren Aborte bei Einführung des letzteren gar nicht zur Umgestaltung herbeigezogen worden, so dass demselben ihre Mängel nicht zur Last gelegt werden dürfen. Dagegen war bei der pneumatischen Entlerung kein übler Geruch bemerkbar, weil die Gase vollständig von der Dampfmaschine aufgenommen wurden. — Bezüglich der Rentabilität wird von der Verwaltung bestätigt, dass der Berechnung sehr niedre sicher erzielbare Preise der Fäcalstoffe zu Grund gelegt wurden, dem ungeachtet aber die Unternehmung sich rentiren kann; doch liegt der Schwerpunkt dieses, wie jedes solchen Zwecken dienenden, Systems überhaupt nicht im Geldverdienst, sondern in der möglichst raschen, vollkommenen und unschädlichen Entfernung gährungsfähiger Massen.

§. 356. Eine entscheidende Kritik des pneumatischen Systemes muss zwei Fragen auseinanderhalten, die eine nach dem wissenschaftlichen Charakter desselben, die andre nach seiner technischen Ausführung. In ersterer Hinsicht lässt sich nicht viel Nachtheiliges vorbringen, vielmehr verdient Anerkennung, dass eine mächtige allerwärts verfügbare Naturkraft benützt und durch die Wahl des Materiales wie die Anordnung der wirksamen Stücke Fürsorge gegen jegliche Bodenverunreinigung getroffen ist. Die zweite Richtung bietet dagegen eine weniger erfreuliche Aussicht. Auf beschränktem Raume begegnet weder die Einrichtung noch der Betrieb sonderlichen Schwierigkeiten, und wenn sich dies bei Untersuchung der oben erwähnten Localität nicht zu bestätigen schien, so darf nicht vergessen werden, dass bei dem umfangreichen, von drei Strassen eingeschlossenen, Kasernenbau, an dessen vier Ecken sämmtliche Aborte in ebensovielen Gruppen angeordnet sind, aus Sparsamkeitsrücksichten Einrichtungen getroffen werden mussten, welche unter andren Umständen zu vermeiden wären. Diese günstigeren Verhältnisse werden indess doch nur in zweckmässig eingerichteten öffentlichen oder grösseren privaten Gebäuden vorzufinden sein, aber geradezu in ihr Gegentheil umschlagen, wenn es sich um Versorgung einer ganzen Stadt handelt, so dass hier die Vereinigung bestimmter Häuser-Complexe zu einem geschlossenen System und die Combinirung mehrerer solchen im Grossen und auf die Länge fast unüberwindliche technische Hindernisse vorfindet.

δ. Das Schwemmkanalsystem.

§. 357. Der Gedanke, das allzeit verfügbare Element einer reichen Wasserleitung zur fortwährenden Ausspülung der mit Wasserverschluss versehenen Abtritte und Fallröhren zu benützen, hat etwas Verführerisches für alle Freunde des häuslichen Comfort, der Reinlichkeit, der hygienischen Fürsorge. Alle Excremente kämen lang vor ihrer, Verderben aushauchenden, Zersetzung aus dem Bereich menschlichen Aufenthaltes, um sich irgendwo fast spurlos zu verlieren, wie etwa in den Fluten eines abwärts rinnenden Stromes. In der That haben sich solche Einrichtungen fast überall Freunde erworben, und sind, wo sie einmal Boden fassten, nirgends wieder aufgegeben, sondern meistens erweitert und vermehrt worden. Demungeachtet begegnen sie Einwänden.

§. 358. Der Haupteinwand, dass die Kanalisirung mit Wasserklosetten der Landwirthschaft einen nothwendigen oder doch werthvollen Dungstoff entzieht, lässt sich als Thatsache nicht ableugnen, erhält aber unter mehrseitiger Beleuchtung, wie sie besonders Varrentrapp ausführte, eine sehr verminderte Bedeutung, — Der theoretische Werth eines Centners Grubendünger wird von Stökhardt zu ungefähr einem halben Gulden berechnet, in Wirklichkeit aber zahlt man dafür in Paris kaum den zwölften, in Zürich nur den zwanzigsten, und selbst in Belgien mit intensivstem Agriculturbetrieb nicht ganz den vierten Theil davon. Auch in England steht der Menschenkoth als Dünger nur so hoch im Preis, dass er als Rückfracht etwa 7—8 Wegstunden weit mit einigem Nutzen verfahren wird. Verlangt man auch die Wegschaffung der ganz oder halbflüssigen Excremente und noch überdies, dass die Kothverwerthung als Dünger regelmässig und rasch geschehe, so enthüllt man eine neue Schattenseite der Praxis gegenüber den Erwartungen der Theorie, und es kann dann soweit kommen, dass wie für den Unrath und Koth des Londoner Viehmarktes zu Smithfield, seitdem eine schnelle Fortschaffung vorgeschrieben ist und streng überwacht wird, statt eines vortheilhaften Verkaufes daraufgezahlt werden muss.

Auf der andren Seite klingt es freilich bestechend, wenn Thorwirth behauptet, dass der Reichthum Italiens, Spaniens und der afrikanischen Küstenländer in den ungeheuren Kloaken Roms versank, dass der nordamerikanische Boden bereits der Erschöpfung entgegengehe (!), dass der Verlauf der englischen Geschichte grossentheils ein Spiegelbild agrarischer Zerrüttung sei. Solch besorgten Augen bietet das verständige China ein erfreulicheres, wenn auch etwas unreinliches Bild. — „Es ist ganz unmöglich, sich bei uns eine Vorstellung von all der Sorgfalt zu machen, welche der Chinese anwendet,

um Menschenkoth zu sammeln; ihm ist er der Nahrungssaft der Erde und verdankt dieselbe ihre Fruchtbarkeit hauptsächlich diesem energischen Agens. In dem ansehnlichsten und bequemsten Theil seiner Wohnung hält er zur Ansammlung desselben irdene Kufen oder auf das Sorgfältigste ausgemauerte Cisternen und nach dem Handel mit dem Getreide ist kein Handel so ausgedehnt, wie der mit diesem Dünger. Ein jeder Kuli, welcher des Morgens seine Producte auf den Markt gebracht hat, bringt am Abend zwei Kübel voll von diesem Dünger an einer Bambusstange heim. Die Schätzung dieses Düngers geht so weit, dass Jedermann weiss, was ein Tag, ein Monat, ein Jahr von einem Menschen abwirft, und der Chinese betrachtet es mehr denn als eine Unhöflichkeit, wenn der Gastfreund sein Haus verlässt und ihm einen Vortheil verträgt, auf den er durch seine Bewirthung einen gerechten Anspruch zu haben glaubt." —

In weiterer Erwägung der einschlägigen Verhältnisse ist nicht zu vergessen, dass bei der Lebensweise eines grossen Theiles der städtischen Bevölkerung der, gerade am meisten schätzenswerthe, Harn ohnedem nicht zu der in Aussicht genommenen Verwendung gelangt, dass ferner vom ersten Augenblick an eine fortschreitende Zersetzung der Kothmassen beginnt, welche viele flüchtige Producte entbindet und in deren Verlauf schon nach wenig Wochen die Zusammensetzung der Masse namhaft verändert ist, besonders hinsichtlich der Stickstoffverbindungen. Nach zwei Monaten enthält ein gleichmässiges Gemisch fester und flüssiger Excremente nur noch 0.8 pc. Stickstoff, wobei jene um die Hälfte, diese um $^3/_4$ ihres anfänglichen Gehaltes darin zurückgingen. — Endlich wird durch die Schwerlöslichkeit vieler Kothbestandtheile der theoretische Dungwerth sehr bedeutend verringert.

§. 359. Der zweite Vorwurf, dass die **Kanalisation mit Wasserklosetts** die **Flüsse verunreinigt**, verliert gleichfalls vor der strengeren Prüfung der Thatsachen viel von seiner an sich imponirenden Bedeutung. Allerdings haben die Untersuchungen, welche desfalls **Magnus** am Berliner Spreewasser vornahm, keinen Anhaltspunkt dafür ergeben, dass die aus Kloaken, Ausgüssen und Strassenrinnen dem Fluss zugewachsenen Ejectionsmassen einen gesundheitswidrigen Einfluss entfalten. Selbst die Besorgniss wegen der Stromvergiftung durch die Abgänge aus Fabriken und Manufacturen, wie Kupfer- und Eisen-Vitriol, Schwefel- und Salpeter-Säure verstummt vor der Angabe, dass unter den ungünstigsten Verhältnissen erst 5184 Pfd. Spreewasser 1 Gran der Vitriole und des Scheidewassers, von der Schwefelsäure aber gar nur $^1/_3$ Gran enthielten. Aber seit 1836 sind die Prüfungsmittel schärfer geworden, und nach ihrem Ausspruch liegt die Wahrheit in der Mitte gänzlicher Besorgnisslosigkeit und übertriebener Furcht. —

Uebrigens hängt die, wie es scheint, ein unvermeidliches Uebel, aber von zweien das kleinere, bildende Verunreinigung der Ströme nicht einmal ausschliesslich mit der Anwendung des Schwemmsystemes für die Aborte zusammen, sondern stellt sich überall ein, wo überhaupt Kanäle diesen oder jenen Theil des Unrathes zum fliessenden Wasser abführen; wenn nicht für den festen Koth, doch für den Harn, wie für die der Zersetzung in hohem Grade fähigen und dem thierischen Leben oft höchst schädlichen Flüssigkeiten aus Küchen, Waschanstalten, Werkstätten und Laboratorien geschieht dies wohl allenthalben, wo man das öffentliche Bedürfniss einer systematischen Reinigung der Städte anerkannt hat, und selbst wo man sich über diese Pflicht wegsetzen wollte, was freilich zuweilen mit erschreckender Naivetät vorkommt, würde das natürliche Gefäll der Strassenrinnen schliesslich in der Hauptsache zu einem ähnlichen Resultat führen.

Jedenfalls hängen die Folgen einer im Princip zugegebenen Verunreinigung der Flüsse durch die Auswurfstoffe einerseits von der Wassermenge, anderseits von Quantität und Beschaffenheit jener ab. In ersterer Hinsicht müsste es geradezu ein hygienisches Verbrechen genannt werden, wenn die unbedeutende Wassermasse eines kleinen, für die Gegend vielleicht einzigen Flusses mit einem Zersetzungsmaterial überladen werden wollte, welches dagegen in den gewaltigen Fluten eines grossen Stromes um so spurloser verschwindet, je rascher sein Lauf ist, und welches der Anwohnerschaft um so weniger Schaden bringt, je mehr man dafür gesorgt hat, dass die Einmündungstelle der Kloakenkanäle unterhalb der Hauptverbrauchplätze des Wassers und hinsichtlich der Gestalt des Ufers wie des Strombettes so situirt ist, dass keine längere Aufstauung der Massen befürchtet werden darf.

Frische Excremente, welche von den Wasserklosetts durch die Kanäle in höchstens zwei Stunden der Stadt entführt werden, verbreiten weder nachtheilige Gase, noch bilden sie Ablagerungen in dem Grade, wie es geschieht, wenn veralteter Koth auf indirecten Wegen in die Kanäle gelangt. Wie es für den Kanalinhalt einen namhaften Unterschied macht, ob das Material fein vertheilt und frisch, oder klumpig und halbzersetzt eintritt, so verhält es sich auch bezüglich der ferneren Vorgänge im Fluss, dessen Fische den schon in Fäulniss übergegangenen Koth eiligst fliehen, während sie den frischen als willkommene Nahrung betrachten. Husband, Rawlinson und Lankester betonen übereinstimmend, dass die Fischzucht nicht von der Menge, sondern von der Beschaffenheit des ins Wasser ergossenen Kanalinhaltes benachtheiligt werde, denn schon eine kleine Quantität fauler Kloakenflüssigkeit erschöpfe den als unentbehrliches Lebensmittel der Fische in ihrem Element suspendirten Sauerstoff schneller und vollständiger, als sehr viel frische.

Weiters ist der mechanische Einfluss der Strömung nicht zu unterschätzen. Vom bewegten Wasser werden die Stoffe schnell verdünnt, zerrieben, aufgeschwemmt, und so in gelockertem Gefüge dem Oxygen dargeboten, dessen chemische Arbeit hiedurch wesentlich erleichtert ist. Nach mehrstündigem Lauf haben die Wogen sicher alle Ejectionsmaterien zerstört und umgewandelt, jedenfalls aber vor nachtheiligen Ablagerungen bewahrt.

§. 360. Wenn in dritter Linie behauptet wurde, die Verbindung der Wasserklosetts mit den Kanälen bedrohe die Gesundheit der Städtebewohner durch faulige Infection des Bodens oder des aus ihm bezogenen Trinkwassers und der Luft, so vergass man, dass das beste Mittel gegen diese Gefahr doch wohl in der möglichst schnellen und vollständigen Entfernung der Ejectionsmaterien besteht, welche eben von jenen Einrichtungen am gründlichsten besorgt wird, oder man schob diesen in die Schuhe, was da oder dort die Schuld ihrer schlechten Ausführung ist. Wasserklosette, welche ihren Inhalt in grosse Gruben ergiessen, aus denen das Ueberlaufende auf offene Strassenrinnen oder in schlecht verwahrte Kanäle gelangt, können zwar dem Hause durch Fernhaltung übler Gerüche und schleunige Beseitigung der Excremente erhebliche Dienste leisten, aber dem öffentlichen Gesundheitstand nichts nützen, dessen Interesse die systematische Verbindung der Aborte mit den Entwässerungsanstalten erheischt. Auch unter letzterer Voraussetzung muss man zugeben, dass Kanäle mit geringem Tiefgang, aus schlechtem Material, durchlässig, zu weit, flachsolig, mit mangelhaftem Gefäll, ohne festen, gegenseitigen Anschluss, ohne Ventilation, und vornehmlich ohne vollkräftige Wasserströmung schlimmer sind, als gar keine, oder doch keinesfalls der Stadt hygienisches Heil bereiten. Ueber die Unwahrscheinlichkeit, dass aus guten Kanälen der Inhalt irgend erheblich aussickere, habe ich mich schon §. 348 ausgesprochen und füge hier zur Unterstützung bei, dass nach commissioneller Prüfung dieser Verhältnisse in Hamburg und Altona nie faule Flüssigkeit oder stinkendes Gas durch die Sielwände ins Erdreich drang, vielmehr umgekehrt die Kanäle eine Trockenlegung des Bodens bewirkten, indem sie im Bereich des Grundwassers oder unter demselben gebaut, dessen Grenze tiefer rücken, und ober ihm liegend die atmosphärischen Niederschläge durch Einsaugung hindern, die Erde für längere Zeit zu durchtränken. Einen merklichen Austritt des Sielwassers constatirte man nur in ganz trocknem Sande, wenigstens 15′ tief unter der Erdoberfläche.

Von besondren Ausstellungen seien nur noch zwei namhaft gemacht. Thorwirth fürchtet, dass das allerdings reichlich entbundene kohlensaure Ammoniak in Berührung mit dem Kalk und Mörtel des Mauerwerkes in Oxydationsprocesse sich einlasse, deren Schluss-

glied: die Salpetersäure einen die Wände undicht machenden weissen Beschlag hervorrufe. Abgesehen davon, dass gehörige Beaufsichtigung und rechtzeitige Reinigung der Kanäle dem Uebel vorbauen oder doch seinen Einfluss verzögern kann, wird die nach einiger Zeit den Innenwänden aus Niederschlägen anwachsende Sielhaut bald einen Panzer gegen jene Angriffe bilden. — Voigt macht darauf aufmerksam, dass die im trocknen Zustand ausserordentlich langsame, kaum merkliche Entmischung der Excremente gerade in Folge der feinen Zertheilung und Erweichung durch beigemischtes Wasser befördert werde; aber in demselben Verhältniss, in welchem nach dieser Richtung vom Schwemmsystem ein gegenüber jedem andren Verfahren kaum grösserer Schaden gebracht werden sollte, sorgt dasselbe für desto schnellere Entfernung der gefährlichen Substanzen.

§. 361. Bleiben nun von den bekämpften, grösstentheils abgeschwächten Missständen einige nicht beseitigbare Rückstände, so wird doch keinesfalls von irgend andrer Seite her, vielleicht mit Ausnahme der unter der nächsten Rubrik besprochenen Methode, etwas Besseres oder gar allseitig Befriedigendes geleistet, ja man kann sagen, dass gerade da, wo aus den mitgetheilten oder ähnlichen Besorgnissen eine vollständige excrementelle Reinhaltung der Siele beabsichtigt und amtlich vorgeschrieben ist, die Gesundheitspflege am wenigsten gewinnt, denn da, wie unter Anderm die Erfahrung in München zeigt, dem Verbot entgegen böswillig oder auch zufällig Koth eben doch in die Entwässerungskanäle gebracht wird, aber schon in weit vorgeschrittenem Zersetzungszustand, so besteht für die Infection des Bodens und Wassers, eine viel grössere, in ihren thatsächlichen Folgen an den Bestandtheilen des letzteren nachgewiesene Gefahr, als wenn die Excremente frisch und regelmässig den Schwemmsielen übergeben würden.

ε. Die Berieselung.

§. 362. Die sowohl für die Gesundheitspflege als die Landwirthschaft wichtige Frage, ob Wegschwemmung oder Abfuhr der Excremente vorzuziehen sei, scheint die beste Lösung in einer Combination der beiderseitigen Interessen oder der ihnen diensamen Verfahrungsweisen zu finden. Die gefürchtete Verunreinigung der Flüsse, wie die verschwenderische Verschleuderung werthvollen Düngers wäre beseitigt und doch die unverkennbare Wohlthat grosser Reinlichkeit beibehalten, wenn die Canalflüssigkeit auf Culturland ergossen würde, woselbst sie nach alten Erfahrungen Wirkungen hervorruft, welche von der Hygiene unsrer Tage mit Recht in die Berechnung ihrer Anlagen einbezogen werden. — Die Berieselung soll sogar

Flugsand und Eisen haltigen Boden fruchtbar machen, ohne die geringste Gefahr für die Umgebung hervorzurufen, wie denn z. B. Norwood, dicht an einem grossen Berieselungsbezirk gelegen, seit Einführung derselben eine Abnahme der Mortalität, sicher aber keine Verschlimmerung der Gesundheitsverhältnisse zeigt. Die Erde hat eine ungeheure Absorptionskraft für die Dungstoffe, zieht dieselben aus dem Wasser, gibt sie grossentheils an die Pflanzen ab, welche auf der Rückenfurche der berieselten Beete gleichzeitig befeuchtet und gedüngt werden, und speichert einen kleineren Theil unter fast völliger Geruchlosigkeit auf. Die Cultur ist von jeder bestimmten Fruchtfolge emancipirt und von Unkrautsamen beinahe ganz frei. Die Versuche, welche hierüber 1869 in Berlin auf einem 18 Morgen grossen Versuchsfeld begonnen wurden, das in der berüchtigten Sandwüste am Fuss des Kreuzberges bei der Schneidungsstelle der Anhalter Bahn mit dem Kreuzbergwege liegt, zeigten, dass alles Wasser, das aus den Kanälen der Königgrätzer Strasse hingeleitet wurde, durch Bodenabsorption ohne freien Abfluss verschwand, und zwar zwischen 24. Mai und 1. December 1870 auf fünf Morgen oberen Alluvialsandes, wovon eine 1 m hohe Schicht eine 25 cm hohe Wasserlage einsaugt: 1312096 cub'. Selbst im strengen Winter 1870/71 wurde trotz Eisbildung der grösste Theil des hochtemperirten Wassers vom Boden aufgenommen. Dabei darf allerdings keine lange Unterbrechung des Betriebes stattfinden, weil sonst der Frost gefördert wird; besser ist noch, in unsrem Klima während der kalten Jahreszeit der Berieselung ganz Einhalt zu thun und die Jauche zur Absetzung in eingedämmten Bassins mit Ackerkrume anzusammeln, denn das Gras bleibt während des Winters kaum intact und setzt noch weniger, wie dies aus England berichtet wird, seine Vegetation fort. Das Grundwasser bleibt wohl nicht ohne jegliche Infection, selbst aufwärts vom Berieselungsgebiet, besonders mit Ammoniak und Schwefelsäure, doch erreicht auch bei vollständiger Anfüllung des Rieselfeldes der Verunreinigungsgrad höchstens den beim Brunnenwasser gewöhnlich vorkommenden. Diesem Uebelstand wäre abzuhelfen durch Desinfection, zu welcher, auch sonst als hygienische Aufgabe erscheinend, von Hausmann unter Virchow's Leitung 1869 die Süvern'sche Flüssigkeit aus Kalk, Chlormagnesium, Steinkohlentheer mit Wasser trefflich befunden wurde.

§. 363. Bei Danzig, dessen Einrichtungen zur Be- und Entwässerung nach rühmlicher Auszeichnung streben, sind 300000 Quadratruthen Dünensand zur Berieselung bestimmt, über welche hier jedenfalls werthvolle Erfahrungen in Aussicht stehen, deren gerade jetzt im September 1874 die Versammlung für Gesundheitspflege macht. Für die Entwässerung und Reinigung hat das Ka-

nalsystem ohne jegliche Störung zur höchsten Befriedigung der Einwohner gewirkt, die Berieselung aber, hier auf dem nah dem Meere gelegenen Dünensande, wovon bis jetzt 500 Morgen eingeebnet und 330 Morgen mit gutem Ertrag bewirthschaftet sind, hygienisch unverfänglich dürfte anderwärts in Betracht der Humus- und Buttersäure haltigen braungrauen Ablaufjauche und der da und dort den Boden bedeckenden schwärzlichen Kothborken gerechte Bedenken erregen. — Im Uebrigen konnte bisher nur England Beobachtungsresultate liefern. — Zwischen 1861 und 62 stellten Lawes und Way auf 20 acres Wiesenland bei Rugby vergleichende Versuche an, indem 5 acres nicht berieselt, je 5 andere aber beziehlich im Jahr mit 3000, 6000, 9000 Tonnen Kanalwasser begossen, alle Parcellen aber theilweise in ihren Producten zu Frischfütterung, Milchwirthschaft und Mästung verwerthet wurden, wobei immer vortheilhafte Resultate erschienen; nur die unmittelbare Benützung der berieselten Wiesen zur Weide ist unzweckmässig, weil das Vieh die bei oft mangelndem natürlichen Gefäll unentbehrlichen Gräben, offenen Erdeinschnitte und thönernen Röhren leicht beschädigt. — Dem Getraidebau scheint die Berieselung weniger günstig zu sein, als der Wiesencultur, doch bedarf es dort vielleicht nur einiger Modificationen des Verfahrens, welches ausserdem für die Zucht von Gemüsen äusserst vortheilhafte Einwirkungen äusserte, besonders aber reiche und schöne Aernten von Erdbeeren erzielte.

Die mittlere Zusammensetzung der Berieselungsmasse von Rugby war zu $^2/_3$ anorganischer, zu $^1/_3$ organischer Natur; von den festen Stoffen war die Hälfte aufgelöst, die andre suspendirt. Der wirkliche Werth der Düngung ist bei guter Veranstaltung und besonders mässiger Wasserverdünnung grösser, als bei gewöhnlicher Verwendung des Kothes, weil die Aufstellung und Unterhaltung der zur Berieselung dienenden Vorrichtungen die Abfuhrkosten der festen Excremente unter freilich nicht überall gleich günstigen Localverhältnissen nicht erreicht, von denen natürliches Gefäll und leichter Boden in erster Linie stehen. Absolut unbrauchbar für die Methode ist nur das häufiger Ueberfluthung ausgesetzte Land; sonst hat man bloss zu beachten, dass schwerer Lehmboden eine beschränkte, leichter Flugsand vermehrte Verdünnung der Masse fordert. Im Klima Englands kann die Berieselung beständig, ohne Rücksicht auf Jahres- und Tageszeit oder Wetter vor sich gehen, was ebenso der schnellen Entfernung des übrigens bei seiner Ausbreitung auf weiter Fläche klaren und geruchlosen Kanalwassers aus der Stadt, als seiner ökonomisch rathsamen frischen Verwendung zu gut kommt. —

Neben Rugby, Croydon, Carlisle ist Edinburg zu nennen, wo-

selbst in beschränktem Grade die Berieselung seit zwei Jahrhunderten, energisch auf über 400 acres Wiesenland seit 36 Jahren durchgeführt wird. Ferner haben sich in dieser Sache bekannt gemacht Gefängniss und Irrenhaus von Stafford, das Institut für geisteskranke Verbrecher zu Broadmoor, vornehmlich aber Blackburn's seit 1865 an der Aldershott camp farm, einer Kaserne für 10000 Mann, eingeführtes Berieselungssystem.

II.

Luft, Licht und Wärme.

1. Die Atmosphäre.

A. Ihre Beschaffenheit.

a. Zusammensetzung der atmosphärischen Luft.

§. 364. Eine Angabe über die Bestandtheile der Luft, obwohl überwiegend dem chemischen Forum angehörig, darf hier abgesehen von praktischen Rücksichten schon deshalb nicht ganz fehlen, weil allem Anschein nach die constante Zusammensetzung derselben nur auf einer physikalischen Mengung der Gase beruht; hiefür spricht die Abweichung der sonst überall eingehaltenen Proportionalität der chemischen Aequivalente, sowie das in ungleichem Mass bethätigte Absorptionsvermögen des Wassers für beide atmosphärische Gase, deren wirkliche chemische Verbindung durch dies differente Verhalten nicht gelöst würde. Dazu kommt, dass der im atmosphärischen Gasgemeng vorliegende Mangel einer Vereinigung nach bestimmten Gewichtverhältnissen zwischen Körpern, welche in fünf wohlbekannten chemischen Verbindungen die schärfste Charakteristik der Aequivalente aufzeigen, auch auf die Volumina der betheiligten Gase sich erstreckt, während von allen elastisch-flüssigen Stoffen in dieser Hinsicht ebenso strenge, als einfache Relationen eingehalten werden; auch wird nie, wie beim Eintritt andrer Gasverbindungen, Wärme entwickelt, wenn man die betreffenden Gase genau in dem Verhältniss mischt, welches die Atmosphäre von ihnen aufzeigt. Dies beträgt dem Gewichte nach 23,1 prc. Sauerstoff, 76,9 prc. Stickstoff, dem Volumen nach 20,9 prc. des ersteren, 79,1 des zweiten. — Die Constanterhaltung dieser Mischung, welche in Betracht der höchst seltenen und geringfügigen Schwankungen als unverbrüchlich hingestellt werden darf, ist vor allem dem ungeheuren verfügbaren Quantum der atmosphärischen Luft, welchem gegenüber die reichlichsten Verbrauchsbedürfnisse fast verschwinden, und ihrer leichten, die rascheste und gründlichste Herstellung ausgleichender Strömungen

ermöglichenden Beweglichkeit zu danken. Die genaueste Berechnung mit sicheren Zahlen, wie sie Poggendorff angestellt hat, erwirbt uns die Zuversicht, dass nicht nur der lebenden Generation, sondern noch ihren spätesten Enkeln der Genuss des atmosphärischen Sauerstoffes selbst dann unverkümmert bleiben wird, wenn gar nichts zum Ersatz des verbrauchten und zur Instandhaltung des Mischungsgleichgewichtes geschähe. Doch scheint die Natur dies nicht vergessen zu haben, indem die vom Lichte getroffenen grünen Pflanzentheile die aus der Atmosphäre aufgesaugte Kohlensäure zersetzen, den Kohlenstoff zu ihrer Ernährung verwenden, und den Sauerstoff der Luft zurückgeben. Indess hat man diesem bei üppiger Vegetation allerdings oxygenergiebigem Process zu viel Bedeutung zugeschrieben, denn abgesehen davon, dass in der Nacht jene den Luftkreis verbessernde Gasexhalation der Gewächse in ihr Gegentheil umschlägt, dürfen wir nur des langen Pflanzen tödtenden Winters einer grossen Zone wie der weiten Flächen des Wassers und der Wüste gedenken, um einzusehen, dass die Natur von dem besagten Ausgleichungsmittel nur untergeordneten Gebrauch macht. — Eine andre sich anschliessende Frage wäre, ob etwa die Vegetation einen günstigen Einfluss auf diejenigen Modificationen des Sauerstoffes äussere, welche trotz der bedeutenden Aenderungen im Verhalten desselben nicht auf eine chemische Umgestaltung, sondern auf eine gründliche, doch widerrufliche Differenz der atomistischen Anordnung zurückgeführt werden müssen. Obwohl oder gerade weil man sich von vornherein eingeladen fühlt, die vielbelobte Salubrität der Luft mit frischem Pflanzenwuchs und die fast schon ins Bewusstsein des Volkes eingedrungene Anerkennung der belebenden, energischen organischen Umsatz unterhaltenden Kräfte des Ozon in Zusammenhang zu bringen, sei man der Warnung eingedenk, dass auf naturwissenschaftlichem Boden aprioristische Entscheidungen selten das Richtige treffen oder doch zeitweilig anerkannt der empirischen Rectification gewärtig sein müssen, welche einerseits durch die fast durchweg negativen, oder doch nicht bestimmt genug formulirbaren Resultate der medicinisch-meteorologischen Beobachtung, anderseits durch die auf dem sterilen Boden der lybischen Wüste gegenüber pflanzenreichen Oasen sehr hochgehenden Ozonnotirungen Zittel's bereits in einem jener Hypothese nicht günstigen Sinne gegeben scheint. Immerhin ist jedoch möglich, dass die Vegetation namentlich ausgedehnter Waldcomplexe, deren desfallsigem, überhaupt meteorologischem Verhalten Ebermayer verdiente Aufmerksamkeit schenkt, einen indirecten Einfluss, wahrscheinlich durch das Mittelglied der atmosphärischen Feuchtigkeit auf die Ozonbildung übt, und jedenfalls ist vor dem Abschluss der diese und verwandte Fragen betreffenden Acten jede empirische Untersuchungsthatsache von Wichtigkeit. In dieser Hinsicht mag er-

wählnt werden, dass nach Prestel's Periodicitätsgesetz die Ozonreaction gegen die Zeit des Wintersolstitiums am geringsten ist, dann von Monat zu Monat wächst, in der Nähe des Frühlings-Aequinoctiums ihr absolutes maximum erreicht, darauf wieder bis zum absoluten minimum im November oder Dezember abnimmt, dass dagegen Prettner zu Klagenfurt das Ozon-Maximum im Februar, das minimum im September, eine schwache relative Erhebung im August findet. —

b. Fremde Stoffe in der Luft.

α. Kohlensäure.

§. 365. Die Mischung des Luftkreises, wenigstens soweit Menschen in ihm athmen und jene geprüft haben, beschränkt sich nirgend auf die beiden wesentlichen Gasbestandtheile, sondern umfasst immer noch einige andre Stoffe, von denen zwei die Kohlensäure und der Wasserdunst so regelmässig, wenn auch da und dort in verschiedenen Mengenverhältnissen, vorkommen, dass sie für die hygienische Bedeutung der Atmosphäre eine höchst einflussreiche Rolle spielen, zumal wenigstens die erstere mit den Lebensacten selber in unmittelbarem Zusammenhang steht.

§. 366. Für die Bildung der Kohlensäure sind in der Athmung der Menschen und Thiere, in den Verbrennungsprocessen und Gährungen, in den nächtlichen Exhalationen vieler Pflanzen, in vereinzelten, aber gewaltigen geologischen Acten so reiche Quellen geöffnet, dass man eher über ihre Abwesenheit, als ihr allwärtiges Auftreten staunen müsste. In der That fehlt sie selten, etwa in den Eisregionen sehr hoher Gebirge oder auf offenem Meere, dessen Wasser viel davon absorbirt. Da, wo sie vorkommt, hat man ihre Quantität ebenso oft über- als unterschätzt; Gehler nahm sie zu $^1/_{16}$ der ganzen Luftmasse an, Humboldt bestimmte mit seinem nicht ganz zuverlässigen Anthrakometer ihren atmosphärischen Procentgehalt auf 0,005 — 0,018, Berzelius zu 0,001. Dalton verglich, einer der Ersten die durchschnittliche Normalverbreitung der Kohlensäure in der freien Luft, von ihm zu 0,0071 prc. geschätzt, mit ihrer Vermehrung in Menschen gefüllten geschlossenen Räumen und fand in einem Saal mit 200 Personen ihre Quantität binnen zwei Stunden auf 0,01 prc. gesteigert. — Selbst in der freien Atmosphäre, deren durchschnittlicher Kohlensäuregehalt ohne irgend welche Belästigung organischer Wesen bis 0,5 p. m. erhöht werden kann, kommt es zu abnormen Anhäufungen, wenn auf beschränktem Gebiet reichlicher Anlass zu Zersetzungen kohlenstoffhaltigen Materiales und Gelegenheit zu Versenkung und Stagnation des schweren Gases in engen tiefen Thälern

oder Grotten gegeben ist. Auf kahlen Bergen fand man einen grösseren Kohlensäuregehalt, als in der Ebene; höher hinauf vermindert er sich zuweilen, war aber nach Gay Lussac noch in einer vertikalen Erhebung von 20428′ P. über dem Meeresspiegel nicht verschwunden. Von Regen stark durchnässter Boden verringert die Quantität der in der darüber schwebenden Luft verbreiteten Kohlensäure, Frost des Erdreiches vermehrt sie. Ueber den Gewässern des Festlandes ist der Luftgehalt an ihr kleiner, als über bewachsenen oder öden Flächen, zwischen denen in dieser Hinsicht wenig Unterschied ist. — In zeitlicher Beziehung fand Saussure die Kohlensäure in der sommerlichen Luft fast um die Hälfte des winterlichen Werthes erhöht, welche von Boussingault in geringerem Verhältniss bestätigte Zunahme trotz Gay Lussac's Zweifeln an der Angabe in Betracht der häufigeren und massenhafteren Umsetzungsprocesse während der warmen Jahreszeit mindestens nicht unwahrscheinlich ist. Gegen Ende der Nacht pflegt der Kohlensäuregehalt der freien Luft den grössten, um Mittag den kleinsten Werth zu erreichen. — Eine geringe, nach zufälligen Umständen wechselnde, Menge der atmosphärischen Kohlensäure scheint stets und überall an Ammoniak gebunden zu sein. —

β. Wasserdunst.

§. 367. Vollkommener Wasserdunst, welcher bei jeder Temperatur, doch ihren Graden proportional, an den grossen flüssigen Flächen der Erde gebildet wird, ist, indem er auf die lichtbrechende Kraft der Atmosphäre keinen Einfluss hat, unsichtbar, verräth sich jedoch durch die leichte Condensirbarkeit an Körpern, welche nicht die zu seinem gasförmigen Bestand nöthige Wärme besitzen. Durch Mischung von Luftschichten mit verschiedener Temperatur kann sich die Verdichtung auch im Freien ereignen, wodurch Nebel, Wolken, schliesslich wässerige Ausscheidungen entstehen, von denen die letzteren hinsichtlich ihrer molekularen Structur zweifellos tropfbar flüssig erscheinen, die ersteren aber noch in der Weise discutirt werden, dass die ältere Zurückführung derselben auf kleine lufterfüllte, von zarten Wasserhäutchen umschlossene Bläschen vermuthlich der Anerkennung ihrer Constituirung in feiner Tröpfchenform wird weichen müssen.

Die Dichte des Wasserdampfes oder die Menge, welche in einem gegebenen Luftraum enthalten ist, hängt von der Temperatur ab, mit ihr nach einem bestimmten Zusammenhangsgesetze fallend und steigend. Demnach wird die Quantität des Wasserdampfes in der Atmosphäre unter höheren Breitegraden, wie im Winter und in grösseren Höhen geringer sein, als bei entgegengesetzten Verhältnissen. — Wenn behauptet wird, dass die wärmste Luft das meiste

Wassergas gelöst zu halten vermag, so folgt daraus nicht, dass sie dessen überall und immer bis zum äussersten Vermögen erfüllt sei, vielmehr wechselt der jeweilige Wassergehalt der Luft zwischen der höchsten Feuchtigkeit vollständiger Sättigung und völliger Trockenheit. In der Regel ist gerade die hochtemperirte Luft mit grossem Lösungsvermögen für Wasserdunst relativ am ärmsten daran, während die kalte Atmosphäre meistens dem wirklichen Gewichte nach wenig Dampf, doch genug davon führt, um ihrem Sättigungspunkte nahzustehen. — Die weiteren Einzelheiten dieser Art der Meteorologie überlassend hebe ich in physiologischer oder hygienischer Hinsicht hervor, dass unser Organismus zur Schätzung des absoluten Feuchtigkeitgehaltes der Atmosphäre gar keinen Anhaltspunkt besitzt, aber gegen die Grade und Schwankungen des relativen verhältnissmässig sehr empfindlich ist, wie denn auch viele mit den Bedürfnissen und Gewohnheiten des Lebens zusammenhängende Erscheinungen rascher Austrocknung oder ihres Gegentheils hievon abhängen. Im Allgemeinen ist wenigstens den an die klimatischen Einflüsse der gemässigten Zone gewohnten Menschen ein bestimmter, am besten, wie es scheint, zwischen 50 und 70 prc. wechselnder, Feuchtigkeitgehalt der umgebenden und eingeathmeten Luft für die gesundheitsmässige Turgescenz der Haut, für eine normale Absonderung der Schleimhäute, für eine das Blut erfrischende Athmung und secundär für eine den Extremen fernstehende Spannung der Nerven nothwendig; zu trockne Luft, in der Regel nur in geschlossenen überhitzten Räumen zu befürchten, erschwert alle mit den Respirationswerkzeugen, deren Schleimhaut in erster Linie leidet, in näherer oder fernerer Beziehung stehenden Functionen und führt bei längerer Einwirkung zu einer widerlichen, nach Aussen oft unangenehm reagirenden, nervösen Aufregung; zu feuchte Luft dagegen erschlafft die Gewebe und hat eine bei Andauer verhängnissvolle Indolenz zur häufigen Folge. Allerdings ist die Angewöhnungsfähigkeit des Menschen hier wie gegen andre Natureinflüsse eine mächtige, aber bleibende namhafte Veränderungen in den fraglichen Eigenthümlichkeiten gehören zu den grössten Gefahren der nicht immer glücklich ablaufenden Akklimatisationsperiode, und habituell extreme hygrometrische Verhältnisse werden vielleicht nicht mit Unrecht zu den Momenten gezählt, welche einen localnationalen Charakter mitbegründen, wie ihn der magere sehnige, hastig schaffende, rasch auflodernde, doch in ernsten Dingen auch zähe, mehr im Gemeinwesen imponirende, als in der Persönlichkeit liebenswürdige Nordamerikaner der auffallend trocknen Luft seines Landes verdankt. —

§. 368. Die Verbreitung des Wasserdampfes in der Atmosphäre war nach der Dalton'schen Lehre über die völlige

mechanische Unabhängigkeit der Gase von einander so anzusehen, als ob bloss der Druck des schon vorhandenen nämlichen Dunstes selbst dafür massgebend sei. Die hieraus folgende Existenz einer selbständigen Dampfatmosphäre innerhalb des eben so wenig davon berührten, als darauf einwirkenden Luftkreises wurde schon 1838 durch Bessel's Rechnungen in Zweifel gestellt. Aus Glaisher's Beobachtungen hatte ferner Lamont die Ueberzeugung gewonnen, dass die Aenderung der Dampfspannung mit der Höhe in keinem gesetzmässigen Zusammenhang stehe, und Strachey zeigte aus seinen eigenen, wie aus Hooker's Aufzeichnungen im Himalaya in Verbindung der bei Welsh's Ballonfahrt gewonnenen Notizen, dass der Dunstdruck in viel schnellerem Verhältniss mit der Höhe abnimmt, als es bei der Annahme einer nur von der eigenen Pressung abhängigen Dampfatmosphäre zulässig erscheint. Hann verbindet das hieher gehörige Bekannte zu einer theoretischen Untersuchung, als deren formale Frucht der Ausdruck gegeben wird $p = p_0 10^{-\frac{h}{6517}} = p_0 e^{-\frac{h}{2830}}$ für die Werthe des Dunstdruckes in verschiedenen Höhen h. Die Vergleichung der danach gewonnenen Rechnungsresultate mit den aus der Voraussetzung einer eigenthümlichen Dampfatmosphäre entspringenden, deren mathematische Begründung in der Formel $p = p_0 e^{-\frac{h}{c\varphi(t)\varphi(g)}}$ hier ausser Spiel bleibt, lässt sehen, dass das Gewicht des wirklichen Wasserdampfes in der Luft zu demjenigen des aus der Dalton'schen Theorie folgenden, wie 0,22 zu 1 sich verhält, diese also die Dunstmenge $4\frac{1}{2}$ fach zu gross angibt. (Oestr. metrlg. Zeitschrift, 1874, XIII.) —

γ. Andere Substanzen.

§. 369. Wenn man alle chemischen Verbindungen, welche irgend einmal da und dort in der Atmosphäre gefunden werden, oder bei hinreichender Sorgfalt mindestens spurweise aufträten, zu den Bestandtheilen der Luft rechnen wollte, fiele Anzahl und Mannigfaltigkeit derselben so gross aus, dass eine sichere Angabe darüber unmöglich erschiene. Ueber dem Meere und am Strand werden die verdunsteten, oder in mechanisch feiner Vertheilung emporgewirbelten Stoffe des Seewassers, wie die Producte seiner der Zersetzung anheimgefallenen pflanzlichen und thierischen Bewohner dem Luftkreis sich mittheilen, welcher hiedurch einen, in seiner Heilwirkung oft überschätzten, Gehalt an Kochsalz, Jod- oder Bromverbindungen und andren Salzen

bekommt Bei vulkanischen Eruptionen oder Erdbeben wird die umgebende, bei günstigen Winden auch die entferntere Atmosphäre mit ungewöhnlichen Gasen, unter deren Elementen Schwefel und Phosphor selten fehlen mögen, geschwängert werden, Sümpfe können nach dem vorwaltenden Gang der in ihnen herrschenden Zersetzungen fremdartige Exhalationen in die Luft senden, Staubwolken oder Infusorienschalen oder Pflanzensamen werden von constanten Winden getragen, selbst menschliche Unternehmungen dürften häufig die Luftmischung modificiren, namentlich in Form des vom Polarstrome weit nach Süden (1868 bis Athen) verbreiteten Höhenrauches, als Abkömmling des ostfriesischen Moorbrennens. Man sieht indess, dass alle diese oder ähnliche Umstände und Erreignisse nach Ort und Zeit nur einen beschränkten Einfluss entfalten können, welcher im Grossen und Ganzen verschwindet, die Hauptzusammensetzung der Luft nicht alterirend.

§. 370. Weit verbreitet und häufig erscheinend, doch meist nur in kleinen Mengen, sind Ammoniak, gewöhnlich an Säuren gebunden, Salpetersäure, wohl nur nach den elektrischen Schlägen starker Gewitter, Schwefelwasserstoff, namentlich über Sümpfen; schon in einer Luft, welche davon dem Volumen nach 0,001 enthielt, sah Dupuytren bei der Einathmung üble Zufälle entstehen, bei $\frac{1}{800}$ aber Vögel in wenigen Secunden sterben. Da ist denn die nachtheilige, ja unter schlimmen Nebenumständen blitzähnlich das Leben vernichtende Wirkung der in Abzugkanälen und Kloaken stagnirenden Luft leicht begreiflich, denn man fand in ihr 13,79 Sauerstoff, 81,21 Stickstoff, 2,01 Kohlensäure, 2,99 Schwefelwasserstoff.

Weniger berechtigt erscheint die Anschuldigung des genannten Gases als Hauptfactor hinsichtlich der miasmatischen Blutvergiftung in grossen Epidemien oder Endemien, denn wenn einerseits gegenüber der Cholera bei Calcutta über dem Ganges im Anfang einer furchtbaren Seuche am 8. März 1849 eine Verminderung des atmosphärischen Sauerstoffgehaltes auf 20,387 pro. wie eine reichliche Gasentwicklung aus thierischen und pflanzlichen Resten am Flussufer festgestellt worden sein soll, konnten doch 1854 Vogel in München und Thomson in London zur Zeit der Cholaraherrschaft nicht die geringste Veränderung der atmosphärischen Beschaffenheit auffinden, und wenn anderseits den Sumpfmiasmen möglicher Weise sehr oft Schwefelwasserstoff beigemischt ist, so deuten schon die eigenthümlichen, von einer Vergiftung mit letzterem wesentlich verschiedenen Krankheitsformen auf durchaus differente, meist specifische Ursachen hin, deren Art und Wirkung man nicht durch Zurückführung auf ein, in seinen bestimmten Einflüssen wohl bekanntes, Gas verallgemeinern darf. — Freilich ist auch kein anderer Aufschluss über

die räthselhaften Miasmen möglich. Dupuytren, Thenard, und Moscati glaubten sie verdichtet zu haben, indem destillirtes Wasser mit dem aus thierischen Zersetzungen hervorgegangenen Kohlenwasserstoff imprägnirt, oder der Niederschlag an Eis gefüllten über Sumpfboden und in Krankensälen aufgehängten gläsernen Kugeln gesammelt wurde. Beidemal erhielt man eine flockige Substanz, die sehr wohl mit verderblichen Exhalationen von Ejectionsmassen in Zusammenhang gebracht aber nicht nothwendig als das specifische Miasma erklärt werden durfte. — Rigaud de l'Isle schliesst aus seinen Beobachtungen, dass die Miasmen schwer sind und durch mechanische Mittel, namentlich den Wind auf nicht gar beträchtliche Höhen befördert werden. Ohne Geruch, wie sie sind, warnen sie nicht vor ihrer Einathmung, welche des Morgens und Abends, wie besonders während des nächtlichen Schlafes leichter geschieht, als bei Tag. Von benachbarten Orten durch Berge, Wälder, selbst Mauern abgehalten werden sie wegen ihres festen Haftens an wägbaren Körpern, namentlich Geweben, weit und ohne Schwächung ihres Einflusses verschleppt.

§. 371. Die Frage über Luftverderbniss durch Emanationen der Fabriken oder Gewerbe hat am ausführlichsten die mit einer speciellen Untersuchung betraute Commission des französischen Instituts behandelt. Es ward unterschieden zwischen Zersetzungen durch Gährung und durch Hitze. In ersterer Beziehung wird tödtlich den Fischen und der menschlichen Gesundheit nachtheilig erklärt das Rotten des Flachses und Hanfes, für unschädlich dagegen gelten die Brauereien, Tournesol-, Orseille-, Indigo-, Stärke-Fabriken und die Papiermühlen. Vieles Andere ist bloss den Geruchsnerven widerlich oder wird höchstens bei langer und schlechter Aufbewahrung schädlich. In zweiter Linie sind nur die Fabriken für Bereitung der Mineralsäuren namhaft zu machen, welche indess bei rationellem und vorsichtigem Betrieb wenig Schaden stiften. — Von der deutschen Reichsordnung werden als Gewerbe, deren Anlage aus hygienischen, in erster Linie die Luftverderbniss betreffenden, Gründen gesetzlichen Beschränkungen unterliegt, bezeichnet: Schiesspulverfabrikation, Bereitung von Feuerwerkobjecten und von allerlei Zündstoffen, Gasanstalten, Erdöldestillationen, Gewinnung von Braunkohlentheer oder Coaks, Glas- und Russ-Hütten, Kalk-, Ziegel- und Gyps-Oefen, Rohmetall-Gewinnung, Röstheerde, Giessereien, Hämmerwerke, chemische Fabriken, Schnellbleichen, Firnisssiedereien, Stärkefabriken, Bereitung von Stärkesyrup, Fabrikation von Wachstuch, Darmsaiten, Dachpappe und Filz, Leim-, Thran-, Seifen-Siedereien, Knochen-Brennerei, -Darre, -Kocherei, und -Bleicherei, Zubereitung von Thierhaaren, Talgschmelzerei, Schlächterei, Gerberei, Abdeckerei, Herstellung von Poudrette, und Dungpulver, Wassertriebstauwerke.

§. 372. Ein noch dringenderer Verdacht, den Lebenden die Luft abzuschneiden, oder ihnen doch ihr wichtigstes Nahrungsmittel zu verkümmern und zu verderben, wurde gegen die Todten oder vielmehr die Orte ihrer Bestattung geschleudert. Der letzte Erfolg jeder organischen Zersetzung besteht in den chemischen Elementen von Erde, Wasser und Luft, so dass auch der sinn- und kunstreichste lebende Körper nach dem Tode der Natur zurückgibt, was er zur Erzeugung und Erhaltung des Daseins entnommen. Die Wege, auf denen dies geschicht, sind verschieden, und der Ablauf des stofflichen Leih- und Tauschgeschäftes ist, obwohl an ein allgemeines Schema gebunden, möglicher Weise, doch nicht factisch, so mannigfach, wie die Zahl der Individuen. Die letzten Vorgänge, deren Anfang das Ende des Lebens bildet, tragen den Charakter der Entmischung, während überall, wo sich letztere im lebenden Organismus zuträgt, ihr eine Reihe von Processen parallel läuft, deren Resultat Um- und Anbildung von Organbestandtheilen, oder vitale Bethätigung derselben ist. Wenn eine solche hervorragender Art, wie Blutkreislauf oder Athmung, für längere Zeit stillsteht, hört die Benützung der allgemeinen Natureinflüsse zu Lebenszwecken auf und jene schlagen die zu Fäulniss und Verwesung führende Richtung ein, — nicht als ob sie davor bisher durch ein eigenes Wesen, den Spiritus rector des Lebens bewahrt geblieben wären, sondern weil der rasche Wechsel der eben dieses bildenden molekular - mechanischen Acte sie stets in andre Bahnen drängte. Bei der Fäulniss, welche unter vollständigem Luftabschluss vorgehen kann, sind neben den organischen Stoffen nur die Elemente des Wassers betheiligt; bei der Verwesung spielt der atmosphärische Sauerstoff die Hauptrolle; dort entwickeln sich übelriechende Kohlenwasserstoffe, hier Wasser und Kohlensäure, welche ohnedem Bestandtheile des Luftkreises sind, demnach unter gewöhnlichen Umständen und hinreichender Verdünnung weder schädlich noch unangenehm erscheinen; jene ist einer Destillation, diese einer vollkommenen langsamen Verbrennung ähnlich. — Die Theorie der Verwesung ist neuerdings sehr durch Traube und Gscheidlen gefördert worden. — Die von Liebig ausgegangene Lehre, dass die Eiweisskörper eines Organismus, in welchem die zu den Lebenserscheinungen führenden stofflichen Beziehungen eine irreparable Modification erlitten haben, der Selbstzersetzung anheimfallen, indem in erster Linie der Stickstoff mit dem Wasserstoff unter Anschluss andrer Entmischungen zur Ammoniakbildung zusammentrete, wird durch den Versuch widerlegt, nach welchem Blut, mit skrupulöser Sorgfalt unter vollständigem Luftabschluss aufgefangen und bewahrt, in Monaten nicht fault, wohl aber unter allen Umständen sehr schnell, wenn nur wenige Bakterienkeime Zutritt haben, mikroskopische Organismen, deren 633 Millionen auf 1 cub. mm.

gehen, während 636 Milliarden circa 1 gramm wiegen sollen (?), von Burdon Sanderson im Wasser nachgewiesen, auf welche, wenn auch ohne Specialisirung, schon Schwann die Zersetzung organischer Stoffe zurückgeführt hatte. Natürlich gelangen oft auch in lebende Menschen und Thiere feindliche Bakterien, aber die Kraft des Lebens besteht eben darin, dieselben zu vernichten oder unschädlich zu machen, und wahrscheinlich übernimmt diese erhaltende Rolle im Kampfe ums Dasein das Ozon der Blutkörperchen. Seine vielleicht in jedem Augenblick lebensrettende Befähigung ist begreiflich beschränkt, so dass übergrosse Massen eingeführter Bakterien ohne Gefährdung der Gesundheit oder des Lebens nicht vertragen werden; vermuthlich besitzen verschiedene Organismen eine ungleiche desfallsige Widerstandkraft; Hunde halten sehr starke Injectionen bakterienhaltiger Flüssigkeit aus, und das arterielle Blut von Kaninchen, denen 24—48 Stunden vorher $1^1/_2$ cub. c. m. bakterienhaltige Materie in die vena jugularis gespritzt worden war, zeigte unmittelbar nach der Tödtung keine Spur von Fäulniss. — Verschieden von den gewissermassen normalen Fäulnissbakterien sind die contagiösen Bakterien der variola, der Pyämie und vielleicht manch andrer Krankheiten, welche unter Menschen, oder wie der Milzbrand, zu dessen Uebertragung Davaine 0,00001 eines Tropfen des mit bacillus anthracis vergifteten Blutes hinreichend fand, zwischen Thieren und Menschen mittheilbar sind. Diese pathologischen Bakterien können sich im Organismus vermehren; sie werden von den Fäulnissbakterien oder in dem durch sie eingeleiteten Zersetzungsprocess zerstört.

§. 373. Unabhängig von jeder Theorie bei blosser Berücksichtigung der Thatsachen wird offenbar diejenige Leichenbestattung die beste sein, bei welcher die Fäulniss gänzlich abgehalten, die Verwesung aber möglichst begünstigt und beschleunigt wird, indem dabei der Leichnam so wenig riechen könnte, als das in einer guten Lampe verzehrte Brennmaterial. In gewöhnlichem Zustand entfaltet freilich hiezu der Sauerstoff keine ausreichend energische Thätigkeit, wohl aber in der unter Anderm mittels fein vertheilter poröser Körper wie Platinschwamm oder Kohlenpulver beförderten Ozonisirung. Stenhouse umhüllte mit letzterem die Leichen von Hunden und Katzen, liess sie mehrere Wochen in seinem Arbeitszimmer stehen, ohne irgend einen Geruch zu bemerken, und fand nach einem halben Jahr von denselben nur noch die Skelete. — Am einfachsten würde die langsame Oxydation der Verwesung durch die rasche der Verbrennung ersetzt, indem dadurch jeder möglichen Verunreinigung der Luft und des Bodens oder Wassers vorgebeugt und manch brauchbares Stück Land vom Tode dem Leben zugewendet wäre. Zwar sträubt sich dagegen angeblich die Pietät, doch würde sich diese besser am

reinlichen Cultus einer geschmackvollen Aschenurne bewähren, und überdies die tröstliche Versicherung hinnehmen, dass theure Leiber vor dem furchtbaren Schicksal verfrühter Beerdigung geschützt sind. Auch kann einstweilen eine sich leise meldende der Cremation günstigere Stimmung registrirt werden, welche wenn noch zur Zeit auf enge Kreise beschränkt, und nicht bloss von mehr leidenschaftlichen als einsichtvollen Gegnern aus vorgeblich religiösen, sittlichen und ästhetischen Gründen, sondern selbst von achtungswertheren, auf übertriebene gerichtlich - medicinische oder missverständliche hygienische Bedenken gestützten Gegnern bekämpft, vermuthlich in ferner Zukunft durchdringen wird, nachdem ihr die belehrende facultative Uebung gestattet war. — Bis dahin verdient der Stuttgarter Vorschlag Erwägung und Prüfung, die Leichen mit schnell und fest erhärtendem Cement zu umgiessen, so jede Gasentbindung oder -Entweichung von der durch den hermetischen Abschluss vor der Zersetzung geschützten Masse unmöglich zu machen, und durch geeignete architektonische Gruppirung der Sarg und Grabstein vereinigenden Behälter den Raum der Leichenfelder ohne Schädigung conservativer Wünsche zu beschränken. —

§. 374. Zur Beurtheilung der möglichen Luftverpestung durch Leichengase gewähren folgende Berechnungen Anhaltspunkte. Bedeckt ein Begräbnissplatz 10000 q′ und herrscht ein zehnjähriger Beerdigungsturnus, gehen ferner alle organischen Zersetzungsprodukte gasförmig in die Luft über und verbreiten sich höchstens 15′ über den Boden, ist endlich die mittlere Luftgeschwindigkeit 1′, so gehen über 100′ Bodenbreite in jeder Sekunde 1500, also täglich 129,600,000 und in der angesetzten zehnjährigen Frist 473040 Million Kubikfuss Luft. Werden in dieser Zeit 140 Leichen auf dem angegebenen Territorium begraben, und entweichen aus jedem Grabe rund 460, im Ganzen also 64400 c′ Gase, so verhält sich für die fragliche Periode die Menge Leichengas zur darüberstreichenden Luft fast wie 1 zu 7000000, wonach eine 15′ hohe Luftschicht über den Gräbern nicht mehr, als 0,000000143 jener enthält, noch weniger mithin die Atmosphäre der Umgebung. Allerdings können zeitweise locale Concentrationen der der Luft beigemengten Verwesungsprodukte stattfinden, welche die Nase, deren Unterscheidungsvermögen die Angaben der physikalischen und chemischen Reagentien beschämt, merklich betreffen, aber die Gesundheit möchte selbst dann nicht wesentlich leiden, wie das Beispiel der unter solch, gewiss möglichst ungünstig potenzirten Einflüssen, sich wohl befindenden, wenigstens nicht mit specifischen Leiden behafteten Leichenwärter und Todtengräber zeigt.

Was den Boden der Gräberfelder betrifft, so ist die Durch-

lässigkeit lockeren Kieses für Luft und Wasser eher ein Vortheil, als ein Anlass zu Befürchtungen; denn abgesehen von der in ihm schnell und vollständig möglichen Oxydation der organischen Reste werden die Gase wegen grösseren Luftgehaltes im Boden stark verdünnt. Dagegen verengern sich in schwerem Leichenackerboden die Poren, wenn der Humusreichthum durch die Abkömmlinge der Entmischung steigt, ein beträchtlicher Theil des Sauerstoffes wird zum Schaden des Leichenzerfalles für die humösen Umwandlungen in Beschlag genommen, und die Austrocknung nach Regen ist ungebührlich verzögert. In diesem Sinne ist auch das Ueberwerfen oder gar Feststampfen einer Lehmschicht, welche das Wasser gierig ansaugt und nur langsam in die Tiefe dringen lässt, über den Gräbern keineswegs ein dauernder Schutz gegen die Ausflüsse der in ihnen stattfindenden Zersetzungen, sondern unter ungünstigen Umständen eine vermehrte Quelle allerdings oft übertriebener, doch nicht ganz gegenstandloser Gefahren, welche, wie wir sehen, bekämpft und auf ihren wahren Werth zurückgeführt werden durch eine Wissenschaft, welche beängstigende Gespenster auch aus ihren letzten Zufluchtörtern, den Friedhöfen, vertreibt.

§. 375. Endlich muss der Anpflanzungen in und um Städten gedacht werden. — Da diese bei einiger Bedeutung erstaunlich schnell anwachsen, wird unter gleichzeitiger Steigerung der Arbeitsansprüche die Zahl der armen Bewohner immer grösser, für welche die Reize der freien Natur bloss noch in den Jugenderinnerungen nachdämmern. Die Freude an jenen, oft auf die Blumencultur am Fensterbrett zurückgedrängt, ist mehr als blosse Sentimentalität, denn sie entstammt dem eingebornen Triebe, mit der gemeinsamen Kraftquelle in Zusammenhang zu bleiben und dadurch Gesundheitsgefühl wie Leistungsfähigkeit zu erhöhen. —

Die Anpflanzung von Gewächsen in und um Städten gewährt doppelten Vortheil, indem die Luft dadurch verbessert und Gelegenheit geboten wird, die restaurirende Körperbewegung zu üben. In ersterer Hinsicht wurde schon erwähnt, dass die Theorie mehr verspricht, als die Praxis hält, sofern man ausschliesslich an den Sauerstoff der Atmosphäre denkt, mit welchem das ganze Menschengeschlecht auf ein Jahrtausend zu versehen, nach Poggendorff 0,1 prc. des gegenwärtigen Luftkreises ausreicht. Indess hängt die Salubrität der Luft nicht allein von ihrer Zusammensetzung ab, sondern auch von einigen physikalischen Eigenschaften, worunter Wärme und Feuchtigkeit die Hauptrolle spielen. Darauf nun hat der Pflanzenwuchs entschiedenen Einfluss. Die unmittelbare Gewährung des Schattens, des Schutzes vor den heissen blendenden Sonnenstrahlen, die wohlthätige Abkühlung der untren Luft durch Reflexion der Wärme

von der dachähnlichen Wölbung der Baumkronen, und noch mehr durch die Verdunstung an den Blättern, Reservirung der Feuchtigkeit und an den Grashalmen die Verdichtung derselben im Thau sind die Dienste, welche die Pflanzenanlagen der oft undankbaren Einwohnerschaft leisten. Am besten wirken in dieser Hinsicht öffentliche Gärten oder gürtelförmige Anlagen, wie in Leipzig, zumal in ihnen die an zweiter Stelle gepriesenen Spaziergänge am liebsten unternommen werden. Dagegen erscheinen den Häuserreihen parallele Baum-Alleen, wenn nicht besonders grossartige Dimensionen und luxuriöse Verhältnisse zu Gebot stehen, weniger empfehlenswerth, namentlich wenn die Bäume zu hoch, zu dichtlaubig sind, und einander wie den Häusern zu nah stehen. Sie hemmen die Aussicht, beeinträchtigen den Luftwechsel, halten die Feuchtigkeit zu nah bei den Wohnungen zurück und bedrohen die Fundirung oder unterirdische Röhrenleitungen durch die Ausbreitung ihrer Wurzeln. — Haine und Wälder vor der Stadt und in ihrer Umgebung sind natürlich zu hegen und zu schonen, indem sie neben andren in die Augen springenden Vortheilen bei richtiger Stellung und Anordnung Wind und Wetter abhalten oder mässigen. — Was die bald empfohlene, bald widerrathene Bepflanzung der Leichenhöfe betrifft, so wird auf die von Einigen in namhaften Ansatz gebrachte directe Aufnahme der Verwesungsprodukte von Seite der Wurzeln wenig Gewicht zu legen sein, vielmehr sind gerade die starke Wurzeln treibenden Bäume von nachtheiligem Einfluss, weil ihre unterirdische Verbreitung die Grabterritorien durchbricht, vielleicht selbst die Särge beschädigt, ihre Verästelung und Belaubung in der Luft aber die Stagnation der letzteren veranlasst; sie eignen sich demnach nur für die Grenze des Begräbnissfeldes gegen die Stadt hin, wo sie möglicherweise übelriechende Winde abhalten. Auf fraglichem Gebiete selber sind Sträucher und Gräser besser am Platz. — Eine höchst ansprechende Ansicht über den Nutzen, welchen die Vegetation auf Leichenäckern zu gewähren vermag, gibt Rüppell kund, wenn er meint, dass in Folge der Aufsaugung von Wasser und Kohlensäure durch die Wurzeln im Boden lere Räume entstünden, in welche nun viel leichter atmosphärische Luft dringe, hiemit also die Verwesung wegen vermehrter Sauerstoffzufuhr befördert werde.

c. Physikalische Eigenschaften der Atmosphäre.

§. 376. Man rechnet zu ihnen mehr oder weniger freigebig fast Alles, was nicht in directer Beziehung zur stofflichen Zusammensetzung der Luft steht. Für die hygienische Bedeutung der letzteren ist das meiste Hiehergehörige unwichtig, höchst werthvoll nur dasjenige, was über Feuchtigkeit und Wärme von der Meteorologie er-

forscht ist, aber dieser ebensogut zufällt, wie die Grösse und Wandlung des Luftdruckes, welcher jedenfalls viel einflussreicher ist, als die seiner Zeit hoch veranschlagte, der Ebbe und Fluth des Meeres analoge Erscheinung, die man sogar in periodischen Wallungen des Blutes wiederzufinden glaubte. Wenn Laplace den betreffenden Einfluss von Sonne und Mond auf die irdische Atmosphäre theoretisch unbedenklich anerkannte, factisch aber die dadurch unter dem Aequator bewirkte Barometerschwankung auf den unter anderweitigen Variationen verschwindenden Werth von 0,2795‴ P. fixirte, woran neuere Forschungen wenig änderten, so dürfen wir wohl die atmosphärischen Gezeiten und die Grenzwandlungsformen des Atmosphäroides überhaupt kaum als bemerkenswerthe meteorologische oder gar hygienische Elemente gelten lassen.

§. 377. Die Ausdehnsamkeit der Luft ist gross, wie ihre Compressibilität, und für alle in ihr lebenden Organismen sowohl rücksichtlich des Bestandes als der Schwankungen wichtig. Im Allgemeinen erfolgen letztere unter zweierlei Einflüssen: Wärme und Druck. Die Ausdehnung aller expansiblen Flüssigkeiten durch jene hielt zuerst Dalton bei einerlei Druck für gleichmässig; der dessfallsige Coëfficient für 1° C. wiederholt, am genauesten durch Regnault und Magnus bestimmt zu: 0,003665 ist indess nicht ganz constant, indem für gleiche Temperatursteigerung die Spannungszunahme eines Gases bei unverändertem Volumen oder Druck nicht nach demselben Verhältniss erfolgt, vielmehr die Ausdehnung jedes Gases zwischen den nämlichen Temperaturgrenzen von der anfänglichen Dichte abhängt, und die Ausdehnungsgrösse verschiedener Gase für dieselben Temperaturveränderungen nicht identisch ist.

Die Volumveränderungen durch den Druck sind seit Mariotte (1717) demselben proportional erachtet worden, bis Despretz 1828 zeigte, dass dies für kein Gas der Fall ist, vielmehr in der Regel, wie Regnault 1845 weiter ausführte, das Volumen schneller vermindert wird, als der Druck steigt, am schnellsten in der Nähe des Verflüssigungspunktes, während allein das Wasserstoffgas in seinem Volumen langsamer abnimmt, als die Pressungen wachsen. Es ist bemerkenswerth, dass der thermische Ausdehnungscoëfficient dieses in vieler Hinsicht ausgezeichneten Körpers kleiner ist, als derjenige der atmosphärischen Luft, die übrigen Gase dagegen bei gleicher Temperaturerhöhung sich stärker ausdehnen, als diese. Temperaturerniedrigung vermindert wohl die Abweichung des Wasserstoffes vom Mariotte'schen Gesetz, doch nicht in dem Verhältniss, dass vorerst an eine Verdichtung desselben zu denken wäre, was für die andren Gase selbst im noch nicht erreichten Falle um so eher erlaubt ist, als ihre derselben zustrebende Abweichung durch Kälte noch ver-

mehrt wird. — Im Anschluss an diese Fragen und in Rücksicht des atmosphärischen Verhaltens gegen die solare Erwärmung der Erde mag noch der Wärme-Capacität der Luft gedacht werden.— Die Wärmemenge, welche die Gewichteinheit eines Stoffes aufnimmt, damit seine Temperatur um einen Centesimalgrad erhöht werde, heisst seine specifische Wärme oder calorische Capacität. Für Gase hat dieselbe einen verschiedenen Werth, je nachdem sie bei constantem Volumen, oder constantem Druck bestimmt wird, weil im zweiten Fall zur Ueberwindung des der Ausdehnung entgegentretenden Widerstandes ein Theil der zugeführten Wärme in Arbeit verwandelt wird. In diesem Sinne beträgt für die atmosphärische Luft die specifische Wärme bei constantem Druck 0,2377, bei constantem Volumen 0,1686; das Verhältniss beider Grössen ist, wie es scheint, immer ein constanter Werth, der für alle Gase zwischen die engen Grenzen 1,375 und 1,421 fällt.

§. 378. Insofern die natürliche und künstliche Beleuchtung einen hygienischen Gegenstand bildet, sprechen wir noch von der Farbe der Luft oder des Firmamentes. — Das Blau des Himmels erscheint unter den verschiedensten Nuançirungen um so reiner und gesättigter, je weniger bleichende Wasserdünste vorhanden sind. Man hat es vermuthlich, wie beim reinsten Blau der menschlichen Iris, mit einer Interferenzfarbe zu thun, hervorgebracht zwischen den in mannigfachen Brechungen und Spiegelungen die überall verbreiteten Wasserbläschen durchsetzenden Lichtwellen.— Die durchsichtigen Körperchen, von denen Clausius zeigte, dass sie weder Luftatome, noch feste fein suspendirte Materien sind, müssen von ganz bestimmter gleicher Grösse und höchst regelmässiger Vertheilung in einem übersehbaren Stück der Atmosphäre vorhanden sein, wenn es ausschliesslich zum reinen Blau (der ersten Ordnung) kommen soll, während, wenn sie der Verdichtung sich nähernd, irregulär, verdickt und untermischt mit neugebildeten feineren Bläschen werden, auch andre Farben nach dem Schema der partiell chromatischen Interferenzen entstehen, welche zu schwach, um selbständig gesehen zu werden, durch ihre Beimengung die Hauptfarbe des Himmels bleichen oder trüben. Bei wirklich eingetretener Condensation oder auf einer gewissen Stufe des Ueberganges dazu lässt der Wasserdunst fast ausschliesslich die rothen und gelben Strahlen durch und bewirkt so die Erscheinungen der Morgen- und Abendröthe. — Von Andren wird die blaue Farbe der Atmosphäre für subjectiv erklärt. Von der durchsichtigen vor einem schwarzen Hintergrund ungefärbten Luft erhalte das Auge um so weniger Licht, je geringer die Menge der Dünste sei; deshalb erscheine in diesem Fall die Farbe dunkel, gesättigt, intensiv-azurblau oder fast schwärzlich, wie auf der trockenen persischen

Hochebene. Aehnlich bezeichnen Lorenz und Rothe „das Blau des Himmels nicht als dispargirtes blaues Licht, sondern als weisses, welches nur durch das Zusammenwirken des von weissen Theilchen reflectirten Lichtes mit dem nicht ganz verhüllten schwarzen Hintergrunde des Weltraumes im Auge die subjective Empfindung von Blau hervorbringt“. —

Was die Atmosphäre wegen ihrer mangelhaften Durchsichtigkeit an absorbirtem Sonnenlichte uns raubt, und von fernen Gegenständen früher, als der Abstand erwarten lässt, an Farben und Umrissen verbirgt, ersetzt sie reichlich durch die allein ihrem optischen Zerstreuungsvermögen zu dankende allgemeine Tageshelle, welche nicht nur den menschlichen Gewohnheiten und Bedürfnissen wohlthätiger und nützlicher ist, als die grelle Differenz blendender Strahlen und tiefen Schattens, sondern auch zumal an Gebirgsabhängen und in Wäldern wie an gedeckten Tagen, woran manche sonst klimatisch gut situirte Gegenden so reich sind, auf die Pflanzen Einwirkungen übt, welche oft mit Unrecht an die directe Insolation gebunden werden.

B. Das physiologische Luftbedürfniss.

§. 379. Die physiologische Beziehung, in welcher der thierische Organismus zur Atmosphäre steht, ist im Allgemeinen höchst einfach, im Besondren aber äusserst verwickelt und nicht in allen Stücken aufgehellt Die Bemühungen hiezu oder auch nur deren Resultate ins Einzelne zu verfolgen, ist nicht meine Aufgabe, wohl aber scheint eine Uebersicht der Hauptpunkte soweit nöthig, dass deren Kenntniss zur Hälfte die wissenschaftliche Grundlage für Anordnung oder Abschätzung der hygienischen Massregeln der Luftzufuhr bildet.

§. 380. Dem Sauerstoff, welcher von Seite der Atmosphäre in den Gasaustausch des stündlich gegen 34 grammes davon verbrauchenden Organismus hereingezogen wird, treten von dessen Innerem her Kohlensäure und Wasserdunst entgegen. Stickstoff, Wasserstoff, Ammoniak nehmen an den diffusen Processen nur untergeordneten oder gelegentlichen Antheil. Die Ausdauer und Regelmässigkeit der letzteren ist theils durch das constante Verhalten, welches für alle wesentlichen Eigenschaften der Atmosphäre besteht, theils in der strengen Bilance zwischen Gewinn und Verlust der Blutgase verbürgt. Der Bildungsmodus dieser ist nichts anderes, als eine langsame Verbrennung, indem viele Atomverbindungen des Körpers und der in ihn eingeführten Stoffe mit dem Luftoxygen jene Excrete bilden, welche vornehmlich der Harn in complicirter Form führt, wäh-

rend sie ausserdem die einfache Zusammensetzung der Kohlensäure und des Wasserdunstes annehmen.

Diese Acte, in denen der Körper verzehrt wird, doch nur um neu aufgebaut zu werden, ereignen sich überall, wo der den thatsächlichen Ablauf des Lebens darstellende Stoffumsatz statthat, überall also, wohin die Blutgefässe in ihren feinsten Verzweigungen den atmosphärischen Sauerstoff führen, um ihn dort zu energischem Angriff abzugeben, wo dafür Zersetzungsmaterialien aufgenommen werden können. Der Schauplatz dieser inneren Athmung ist der ganze Körper; doch aber mussten gewisse Theile desselben ausschliesslich oder doch vornehmlich mit der Aufgabe des Gasumsatzes betraut werden, weil sonst derselbe schwerlich allerwärts und jeder Zeit auf der Höhe des organischen Bedürfnisses bliebe.

Das Blut hat allerdings eine beträchtliche Absorptionsfähigkeit für Sauerstoff, indem 100 Theile desselben, wenn gasfrei, 12 — 18,87 volumina Oxygen aufnehmen, aber dies geht doch nur in ergiebiger Weise vor sich, wenn Luft und Blut nicht nur überhaupt, sondern lang, mit öfterer Wiederholung, in immer frischen Massen, und von dünnen Scheidewänden getrennt, in möglichst innige Berührung treten. Anderseits kann die im venösen Blut reichlich, möglicher Weise bis zu 145,5 — 150 Volumtheilen vorhandene Kohlensäure nur entweichen, wenn ihr ein Verbreitungsraum zur Verfügung steht, in welchem entweder gar keine Kohlensäure enthalten ist, oder solche von niedrigerer Spannung als im Blute. Solche Voraussetzungen sind nur in besondren Athmungswerkzeugen erfüllbar und ausserdem höchstens zum Theil an der freien Leibesoberfläche.

§. 381. Der erste Theil der speciellen Respirationsprocesse: der Mechanismus der Ein- und Ausathmung, die interne Hin- und Herleitung der Luft, die Folge der Athemzüge nach Schnelligkeit und Rhythmus, die Beziehung dieser Momente zu andren organischen Functionen, besonders zum Blutkreislauf und zum Centralnervenleben liegt uns trotz hoher physiologischer Wichtigkeit fern, dagegen steht die Veränderlichkeit oder partielle Constanz des Brustraumes zur Ventilationsgrösse in so wesentlicher Beziehung, dass deren Betrachtung nicht ganz zu umgehen ist. — Auch nach der tiefsten Ausathmung bleibt ein Luftantheil in der Brusthöhle rückständig, dessen Quantität den unveränderlichen Brustraum des Individuums darstellt, von dessen Körperdimensionen und der Beweglichkeit seiner Thoraxwände abhängig, nach Goodwin als Leichenphänomen zwischen 1500 und 2000 cub. c. m. schwankend. — Das Luftvolum, das dem Unterschied der Brustfassung während einer thunlichst tiefen Ein- und Ausathmung entspricht, wird die Maximalathmungsgrösse genannt, mittlere Athmungsgrösse aber die meist viel geringere Luft-

menge, welche beim gewöhnlichen Athmen ein- und ausgeht. Studien am Spirometer führten zur Ueberzeugung, dass jene mit der Körperlänge wächst, bei Männern für 2,5 c. m. Längenzunahme um 150 cub. c. m., bei Weibern nur um 100 cub. c. m., dass ferner für einen Zuwachs des Brustumfanges um 2,5 cm. von 65 cm. an gerechnet, die Athmungsgrösse um je 150 cub. c. m. steigt, dass eine beträchtliche Brustweite und ein bedeutender Unterschied des Brustumfanges bei der In- und Exspiration einen hohen Werth der Athmungsgrösse begünstigt, Fettleibigkeit dagegen und Darmüberfüllung, ferner von Krankheiten vornehmlich: Tuberkulose, pleuritische Ergüsse, Emphysem, chronische Bronchitis, Asthma, Skoliose, Lähmung der respiratorischen Muskeln, Ascites, Leber- und Milzanschwellung, Katarrh, allgemeine Schwäche sie herabsetzen, dass man die höchsten Werthe an Seeleuten, Sängern, Spielern von Blasinstrumenten findet, niedrige oft auffällig kleine sowohl an Personen höherer Stände als an Armen, doch auch unerwartet an Turnern und Ringern, dass die schnellste Zunahme der Athemgrösse zwischen das 20. und 25., die rascheste Abnahme zwischen das 45. und 50. Jahr fällt, und dass ihr durchschnittlicher Werth für einen Mann von ungefähr anderthalb Meter Höhe auf 2700 cub. c. m. geschätzt wird, doch zwischen 1200 und 4500 cub. c. m. wechselt. Das höchst variable mittlere Athmungsvolum liegt meist zwischen 400 und 700 cub. c. m.

§. 382. Der zweite Theil der Athmung: die chemische und physikalische Veränderung oder gegenseitige Beziehung der betheiligten Gase, kann hier ebenfalls nur in den Grundzügen seiner physiologischen Bearbeitung dargelegt werden. — Die eingesogene Luft, wenn auch nicht frei von, doch in der Regel relativ arm an Kohlensäure nimmt diese, wie sie aus dem Blute heraus diffundirt, auf, anfangs natürlich in den unmittelbar den Wänden der Lungenbläschen anliegenden Schichten am vollständigsten, dann in ziemlich raschem Fortschritt des Diffusionsprocesses auch aus den centralen Partien der Lufträume. Die gleichmässige Vertheilung der Gasbestandtheile tritt um so vollständiger ein, und zugleich wird das Inspirationsquantum um ro reicher an Kohlensäure, je länger dasselbe in der Lunge verweilt. Daraus folgt jedoch nicht, dass unter diesen Umständen absolut das Meiste des Zersetzungsmateriales durch die Athmung in gegebener Zeit entfernt werde, vielmehr ist gerade dann der Kohlensäureabgang am bedeutendsten, wenn ein häufiger Wechsel möglichst grosser Inspirationsvolumina stattfindet unter verhältnissmässig langer Beharrung des Brustkorbes in der Einathmungsstellung. Mit der Energie der Kohlensäurebildung im organischen Stoffwechsel und ihrer Aufnahme in's Blut, mit der Verbreitungsschnelligkeit desselben im Körper, mit der Spannung, welche dabei das Gas in den Gefässen

annimmt, steht seine Aushauchung in geradem Verhältniss, vorausgesetzt, dass derselben keine äusseren Hindernisse entgegentreten, unter denen eine schon reichliche Gegenwart der Kohlensäure in der umgebenden Atmosphäre am schwersten wiegt. So lang der letztere Gehalt denjenigen des Blutes nicht erreicht, wird zwar aus ihm eine verhältnissmässig verminderte Menge des Gases entweichen, aber erstlich wird diese an sich schon bald unter den vom Organismus geforderten Werth herabgehen, und dann setzt sich der Process im abgeschlossenen Raume selber eine Grenze, welche erreicht ist bei gleichgewordener Kohlensäurespannung in Luft und Blut. In solch extremen Fällen will sogar Legallois 1817 die umgekehrte Richtung des Kohlensäurestromes an Kaninchen und Katzen in einer Atmosphäre mit 21—22 prc. Kohlensäure constatirt haben. In der Regel jedoch sterben die Thiere viel früher, und zwar nicht aus Mangel an Sauerstoff, von welchem im gegebenen Moment noch genug vorhanden zu sein pflegt, sondern durch narkotische Vergiftung. — In der Kälte, welche eine raschere Oxydation der kohlenstoffhaltigen Vorräthe des Organismus veranlasst, vielleicht auch bei höherem Barometerstand wird die absolute Menge der abgegebenen Kohlensäure, welche Vierordt durchschnittlich auf 3.3 — 5.4 Volumenprocente der ausgeathmeten Luft schätzt, und Andre zu 40 grammes für die Stunde angegeben, vermehrt. (Max. bei langer Luftretention 7.57 prc.) Stefan. Ludwig. —

Die Sauerstoffaufnahme hängt nach Quantität und Geschwindigkeit ab von der Dichte und Spannung, mit welcher dieses Gas in der verfügbaren Luft enthalten ist, und findet erst ihr Ende, wenn diese bis zur Aufhebung jeglicher Beziehung des Gases zu den Blutkörperchen gesunken sind, oder letztere vollständig mit Sauerstoff gesättigt wurden. Unter gewöhnlichen Verhältnissen führt die menschliche Ausathmungsluft immer noch 14—18 prc. Oxygen, während die Respiration der meisten Säugethiere erst beschwerlich wird, wenn der Sauerstoffgehalt der ihnen gewährten Atmosphäre unter 10 prc. sinkt.

Die Betheiligung des Stickstoffs an den respiratorischen Acten ist untergeordnet und mehr zufällig; doch soll solcher nach reichlichem Genuss von Fleisch und Brod, wie beim Aufenthalt in davon freier Atmosphäre ausgehaucht, bei anhaltendem Hungern aber aufgenommen werden. Wasserdunst wird von der Inspirationsluft in den Lungen ziemlich viel aufgenommen, ob unter allen Umständen bis zu vollkommener Sättigung, wie Valentin selbst für die rascheste Athemfolge behauptete, erscheint nach Moleschott zweifelhaft, welcher sie in diesem Fall kaum zur Hälfte gesättigt fand. Vermuthlich variirt die Wasserdunstmenge der Athmungsluft mit der Anzahl der auf die Zeiteinheit fallenden Athemzüge und mit der Temperatur der Luft. Als

tägliche Gewichtmengen des exspirirten Wasserdampfes werden für ungefähr 50 kgr. Körpergewicht 370—530 gramm angegeben.

§ 383. Da sich nicht tief unter der Oberhaut Blutgefässe verzweigen, deren dünne Wände gleich jener alle bekannten Gase durchlassen, sind die physikalischen Bedingungen ihres Austausches auch an den äusseren Körpergrenzen gegeben. Im Wesentlichen sind die in Folge der Gasdiffusionen durch die Haut auftretenden Veränderungen die nämlichen, wie in der Lunge: an die berührende Luft wird Kohlensäure und Wasserdunst abgegeben, ihr dagegen Sauerstoff entzogen; auch erfährt sie da wie dort meist eine Erhöhung ihrer Temperatur. — Die Abgabe der Kohlensäure durch die Haut ist mit der Zeit sehr variabel, aber stets weit geringfügiger, als diejenige durch die Lungen, wohl nur $\frac{1}{50}$ — $\frac{1}{30}$ derselben, etwas mehr in höherer Luftwärme und bei Muskelanstrengung. — Aehnlich verhält es sich mit der noch unbeträchtlicheren Sauerstoffaufnahme. —

Das Quantum des in bestimmter Zeit durch die Haut diffundirenden Wasserdampfes hängt ab von der relativen Feuchtigkeit der Atmosphäre in verkehrtem Verhältniss, in geradem, doch nicht einfachem, vom Luftwechsel von der Zartheit der Oberhaut und der Lebhaftigkeit des Blutstromes. Niedrer Luftdruck begünstigt dessen Abgabe, welche sich um so weniger genau bestimmen lässt, als in den Process und seine Resultate durch die Schweissbildung häufige Störungen eingeführt werden.

2. Die Ventilation.

A. Natürliche Ventilation.

§. 384. Bei einem Klima und Wetter, welches dauernden Aufenthalt in freier Luft oder doch deren volles Einströmen durch offene Thüren und Fenster jeder Zeit gestattet, ist in einfachster, freilich auch unter ungünstigeren Verhältnissen oft genügend erachteter Weise für die Lüftung der Wohnräume gesorgt, während da, wo mindestens in einer Jahreshälfte die Unbilden der Witterung nur durch ängstlichen Abschluss und künstliche Erwärmung bekämpft werden können, eine absichtliche Erneuerung der Luft um so mehr im hygienischen Interesse liegt, als die strengste Reinlichkeit, welche in Krankenzimmern nicht einmal immer möglich ist, nichts gegen die Emanationen ausrichtet, die vom Lebensprocess als seine eigenen grössten Feinde erzeugt werden. Die von denselben drohende Gefahr wird gewöhnlich ganz übersehen, weil man sich wenig durch sie belästigt fühlt, zumal die Pflichten und Gewohnheiten des Lebens in der Regel glücklicher

Weise die meisten Menschen oft genug mit der frischen Atmosphäre in Berührung bringen, dass durch sie die in der schlechten Luft abgeschlossener Räume begonnenen Schäden ausgeglichen werden. Einer volleren gleichmässigeren Gesundheit würden sich indess Alle erfreuen, wenn sie nie unter dem Einfluss ungenügender Lüftung stünden, und gegen diejenigen, welche in abgesperrten Lokalitäten längere Zeit zu verweilen gezwungen sind, erscheint eine ausreichende Ventilation als dringende Pflicht.

Ausser der Oeffnung von Thüren und Fenstern, welche gleichzeitig oder selbst nur in Erstreckung auf mehrere der letzteren bei den Zugluft scheuenden Binnenländern wenigstens bloss bei grosser Hitze gewagt wird, unter herkömmlicher Veranstaltung aber ziemlich unergiebig ist, neben der Ein- und Ausbringung gleich grosser Luftvolumina beim Aus- und Eintritt von Menschen, und neben der gleichmässigen Vermischung, an welcher jeder Bewohner des Zimmers unbewusst mitarbeitet, indem an seinem Körper beständig ein warmer Luftstrom emporsteigt, welcher durch mechanische Gewalt auch schwerere Gase hebt, dagegen kältere an die entlerte Stellt saugt, bleibt die natürliche Ventilation der Porosität der Wände überlassen, deren dessfallsige Eigenschaften v. Pettenkofer experimentell untersuchte. Von einer im Saale frei aufgerichteten Ziegelsteinmauer bestrich er vier Flächen mit luftdichter Wachsmasse und bekleidete die zwei andren mit durchlöchertem Blech, worein eine Röhre gesetzt werden konnte, so dass ein von Ziegelsteinen unterbrochener Kanal dargestellt war, in welchem durch jene die Luft nicht aufgehalten wurde, indem unter den gegebenen Abmessungen der in einer Röhre herankommende und endende Strom anfangs und zuletzt ein freies Lumen von 12½ q''' zur Verfügung hat und in der mit engen aber zahllosen Kanälen durchbohrten Mauerwand eine 2860 fach grössere Fläche trifft. In einer Stunde geht durch eine Wand von 6 m Länge und 5 m Höhe ein Strom von 54 cubm. Luft mit einer Geschwindigkeit von ½ mm., was für trockne Hauswände auf ein Quantum schliessen lässt, das zwar lange nicht dem wirklichen Ventilationsbedürfniss genügt, doch als erwünschte Unterstützung desselben zu betrachten ist. — Derselbe Forscher fand, dass in einem Zimmer mit Ziegelsteinwänden von 75 cubm. Inhalt bei einer Differenz der Aussen- und Innentemperatur von 19° C und gewöhnlichem Verschluss von Fenster und Thüre binnen einer Stunde ein Wechsel von 54 cubm. Luft stattfindet, was zwar mehr ist, als bei einem Wärmeunterschied von 4—6° unter Oeffnung eines Fensterflügels geschieht, doch aber bei längerer Dauer des Aufenthaltes unter den gegebenen Umständen für die Gesundheit eines Menschen ungenügend wäre. —

In der Regel machen die Poren trockner gut gebrannter Ziegelsteine gegen 28 prc. des Volumens aus, an den andren Baumaterialien

weniger, am wenigsten an den dichten Kalkbruchsteinen, welche dafür auch am losesten geschichtet werden, so dass der Mörtel $^1/_3$, bei Backsteinen $^1/_5$—$^1/_6$, bei Sandstein $^1/_6$—$^1/_8$ der Mauer beträgt. — Ein grosses Hinderniss der Porenventilation bildet die Feuchtigkeit, von welcher beim gewöhnlichen Material unsrer Häuser schon ein Procent einige Insalubrität begründet, während thatsächlich der betreffende Gehalt auch in alten Gebäuden oft darüber steigt, und wissenschaftlich kaum eine Grenze gesichert werden kann, jenseit welcher ein schädlicher Einfluss der feuchten Wohnungen auf die Gesundheit als beseitigt gelten könnte. Besonders in winterlich ungenügend geheizten Räumen macht sich derselbe bemerklich, indem das Wasser, welches den Zimmerwänden bei natürlicher oder künstlicher Erwärmung entzogen wird, bei der Abkühlung grösstentheils in sie zurücktritt und dann auch den bescheidensten Theil der Ventilation unmöglich macht. Zur Erhöhung der Insalubrität oder Unbehaglichkeit kommt noch die grössere Wärmeleitungsfähigkeit der feuchten Mauern, in denen überdies Lindwurm ähnlich wie im Untergrund die Brutstätten ansteckender Krankheitskeime sieht. — Das Bauwasser eines neuen Wohnhauses von 3 Stockwerken mit je 5 Zimmern veranschlagt Pettenkofer auf 41750 Liter. Wie viel davon mit der Zeit verloren geht, hat in einer neuerlichen Arbeit Glässgen zu bestimmen gesucht; wenn auch seine Resultate, nach denen unter Anderm die Ostseiten der Gebäude den verhältnissmässig kleinsten Feuchtigkeitgehalt zu haben scheinen, noch nicht zu voller Verallgemeinerung reif sind, zeigen sie doch, dass für München eine Frist von $^1/_2$—1 Jahr bis zur Beziehung eines Neubaus zur Garantie einigermassen befriedigender Gesundheitsverhältnisse nicht zu hoch gegriffen ist. — Die Austrocknung der Wände verzögert vornehmlich ein zu früher beiderseitiger Bewurf, denn die Luft kann dann nicht zum Mörtel gelangen, welcher hygroskopisch, wie als Hydratwasser viel Feuchtigkeit, zum Mindesten ein Procent mitbrachte. Diese wird theilweise gebunden und daher der Beeinträchtigung der Ventilation entgegengewirkt, wenn man für Sättigung des Mörtels mit Kohlensäure nöthigen Falles künstlich durch Vornahme ergiebiger, zugleich austrocknender Verbrennungsprocesse in den betreffenden Räumen sorgt.

B. Künstliche Ventilation.

§. 385. Künstlich ist jede Ventilation zu nennen, für deren Einleitung und Unterhaltung besondere Vorkehrungen getroffen sind, sei es, dass deren Wirksamkeit auf das Ansaugen von durch Temperaturdifferenzen bewerkstelligten Luftströmen oder auf das Eintreiben der letzteren durch mechanische Mittel hinaus-

kommt. In der Praxis ist eine strenge Scheidung nicht möglich, indem oft die eine Wirkung durch die andre bei ineinandergreifenden Erscheinungen unterstützt wird. Theoretisch dagegen erleichtert eine Trennung der hauptsächlichen Verfahrungsweisen das Verständniss um so mehr, als gewöhnlich mit denselben Centralheizungssysteme verbunden sind, deren Wirksamkeit zum Theil die Festhaltung eines bestimmten Ventilationsprincipes voraussetzt. — Ausserdem mag es gut sein, zuvor einige Einrichtungen zu erwähnen, welche zwar dem einen oder andern System sich anschliessen, doch eine viel einfachere und vereinzelte Anwendung finden.

a. Kleinere Ventilationseinrichtungen.

§. 386. Verstellbare Fenster mit oder ohne theilweisen Jalousieverschluss in Verbindung mit Löchern, welche nah dem Boden etwa in der Thüre angebracht sind, genügen höchstens zur Ventilirung von Schul- oder Wirthschaftsälen, wenn in verhältnissmässig kurzen Zwischenräumen der Aufenthalt gewechselt wird, oder durch öfteres Oeffnen der Thüre kleinere Luftquanta hin- und hergebracht werden. Nicht viel höher zu veranschlagen ist die Thätigkeit der in den oberen Fensterflügeln angebrachten, im Vergleich zu der Räumlichkeit lächerlich kleinen Rädchen mit turbinenartiger Fächerung, deren durch die Steigkraft der von Unten in die bereit stehende Zelle, dann in die nächste u. s. f. einströmenden, oben entlassenen, leichten, warmen verdorbenen Luft unterhaltener, wenn auch noch so beschleunigter Umlauf auf geringfügige Lufterneuerung rechnen lässt. — Die Scheidewände der Fensterrädchen sind indess in ventilatorischer Hinsicht lehrreich, indem sie uns zeigen, dass solche, fest oder beweglich, an der Grenze zweier Luftmassen die Einleitung und Erhaltung entgegengesetzter Strömungen, auf welche es hier offenbar ankommt, denn die molekulare Diffusion ist so gut wie wirkungslos, weit mehr begünstigen, als eine einfache freie Oeffnung. — Von dieser Erfahrung macht Muir's Vierwegventilator Gebrauch, ein durch rechtwinkelig sich schneidende und ebenso herabgehende Scheidewände viergetheilter Kanal, der von der Saaldecke bis übers Dach steigt und in einer mit durchbrochenen Läden versehenen Laterne endet, in welcher durch entsprechende Oeffnung und Schliessung der Jalousien jede Windrichtung so benützt werden kann, dass in der Regel durch eine oder andre Kaminabtheilung Luft hinauf oder herabgeht. — Nach ähnlichen Principien arbeitet Wolpert's Ventilirapparat mit Windfahnen und konischen Schirmplatten gegen den lotrechten Winddruck. — Seringham's Ventilator ist ein Metallkasten mit Klappen, welcher in der Deckennähe eine Verbindung der Zimmer- und Aussenluft vermittelt. — Watson's parallele Vertikalröhren, von Mackinnel durch concentrische Führung

der Ableitungsröhre im überragenden Zuflusskanal verbessert, Arnott's mit Sieb und Vorhang verschlossene Oeffnung in der Schlotwand, der im einfachsten Ofenschirm vorgebildete Mantelofen, welcher zwischen Hülle und Heizfläche die Luft emporsaugt, endlich der Kamin oder der Rost des vom Zimmer aus angezündeten Feuers zeigen alle die im Ganzen unvollkommene, doch auf beschränktem Gebiet immerhin Einiges leistende Verbindung ventilatorischer und thermischer Zwecke. —

In gleichem Sinne könnte die Beleuchtung zur Ventilation verwendet werden durch Anbringung von Löchern über den Gasflammen, deren jede in einer Stunde bei (allerdings excessiver) Verbrennung von circa $^1/_2$ cubm. Gas 300—400 cubm. Luft evacuirt. Faraday zog dies Princip in seinem ventilating gasburner, einer modificirten Argand'schen Lampe mit doppelten Cylindern zur Anwendung, im grösseren Massstab aber, und soviel ich weiss in Deutschland zuerst, machte davon Boehm im Operationssaal der Wiener Josefakademie Gebrauch. Der Gaszuleiter ist an der Decke senkrecht abgebogen und geht in sieben herabhängende Glasröhren über, deren Enden von, zur Aufnahme mehrerer Fischschwanzbrenner bestimmten Kapseln gebildet werden. Ein darüber gestülpter Kegel mit Ansatzröhre führt die Verbrennungsproducte ab und eine Klappe regulirt den Luftzutritt. Der Beleuchtungsapparat ist von einem weiten, der Ventilation dienenden Blechcylinder umgeben, welcher später mit einem das Dach überragenden Schlot in Zusammenhang steht.

b. Adspirations-Ventilirung.

§. 387. Indem eine von Natur aus gegebene oder durch den gewöhnlichen Betrieb der Haushaltung hervorgerufene Ungleichheit der Temperaturen als Bewegungsprincip benützt wird, um Luft an die Stätten ihres Verbrauches hin zu befördern, und, wenn sie daselbst in ihrer Mischung verändert wurde, rechtzeitig wegzuschaffen, haben wir in dem Luftwechsel durch Saugkraft nur eine höhere systematische Ausbildung der natürlichen Ventilation vor uns. Während jedoch bei dieser die Luftströmungen durch Wärmedifferenzen ganz sich selbst überlassen bleiben, demnach schwerlich immer in nützlicher Richtung und Stärke verlaufen, werden dort besondere aspiratorische Einrichtungen getroffen, welche zwar auch oft genug ihre Aufgabe nur halb erfüllen, jedenfalls indess durch die Absichtlichkeit ihrer Herstellung und Unterhaltung dem Verfahren die berechtigte Bezeichnung eines künstlichen um so mehr erwerben, als in der Regel die Combination mit einer Centralheizung complicirte technische Veranstaltungen nothwendig macht. Obschon durch letztere Rücksicht die Sache anscheinend verwickelter wird, als wenn der primäre ventilatorische Zweck ausschliesslich ins Auge

gefasst würde, erscheint doch aus praktischen Gründen die übersichtliche Betrachtung eines vollständigen Ventilir- und Heizsystems am geeignetsten für das Verständniss von Einrichtungen, welche am consequentesten Leon Duvoir durchführte.

§. 388. Die Oefen von Duvoir's Saugventilirungs- und Centralwasserheizsystem besorgen gleichzeitig die Einführung und Erwärmung der Luft. Es sind Cylinder aus Eisenblech, der Ventilation wegen von 4—6 beiderseits offenen Röhren durchsetzt, deren obere Oeffnungen mit der Saalluft communiciren, während die untren in einen Kanal münden, welcher in den Fussboden eingelassen zur Aussenmauer läuft und sie durchbricht. Um die Luft nach allen Richtungen in den Saal treten zu lassen, ist die obere Ofenfläche mit einer Marmorplatte belegt, welche eine kreisförmige mit feinem Drahtnetz überzogene Oeffnung hat und auf dem erhabenen Ofenrand so ruht, dass sie die Mündungen der Ventilationsröhren frei lässt. Die in diesen befindliche Luft erwärmt sich durch Berührung der Heizflächen, wird verdünnt und bewirkt aufsteigend die frische Nachströmung. — Im Souterrain ist ein von Ziegeln ummauerter Glockenkessel mit Doppelwänden aufgestellt, der durch eine senkrechte Röhre mit einem oberen Reservoir communicirt, aus dessen Boden so viele Röhren entspringen, als Stockwerke des Gebäudes zu heizen sind; sie enden in den vorerwähnten Oefen, von denen weitere Kanäle zum Kessel herabgehen. Das Ganze ist mit Wasser gefüllt, welchem zur Erhöhung des thermischen Effectes Kochsalz bis zur Sättigung beigesetzt ist. Das Dachreservoir ist von einem durch das heisse Wasser erwärmten Raum umgeben, in welchen horizontale Röhren münden, deren vertikale Fortsätze aus den der Ventilation bedürftigen Zimmern mittels zweier Löcher nah am Fussboden und gleich unter der Decke die schlechte Luft aussaugen. Dieser Process erleidet auch im Sommer keinen Stillstand, indem unter Sistirung der Kesselfeuerung im Keller und Abschluss der zu den Wasseröfen führenden Heizröhren das Bassin auf dem Dach allein erwärmt wird. Die Zufuhr der frischen Luft bleibt während dieser Zeit allerdings der natürlichen Einströmung überlassen; im Winter können sich daran Zinkscheiden betheiligen, welche, auch durch Verlangsamung der Ausstrahlung günstig wirkend, die hiemit bei etwaigem Zerplatzen geschützten Warmwasserröhren umgeben und mit Luftfängen an der Aussenseite der Gebäude in Verbindung stehen.

Als Vorzüge der combinirten Adspirationsventilirung und Wasserheizung, deren Einrichtung beispielsweise im palais de Luxembourg 180000 Franken nebst jährlichen Unterhaltungskosten von 2000 Fr. erheischte, werden anerkannt: Haltbarkeit des Heizkessels ohne Pfannensteinbildung, geringer Wasserverlust durch Verdunstung, einfache

Ueberwachung und Leitung der Ventilation wie der Feuerung, allerdings langsame, aber gleichförmige und andauernde Temperaturerhöhung auf einen mässigen angenehmen Grad von 14—16° C. ohne Alteration der Luftqualität. Dagegen tadelt man, dass, wenn schon die letztere durch die Heizung an sich nicht leidet, doch nicht die geringste Garantie für ihre Trefflichkeit hinsichtlich der eben ausschliesslich durch die jeweiligen Temperaturdifferenzen bewerkstelligten Luftströmungen besteht, ferner das grosse Gewicht der metallenen Wasserröhren, leichte Entstehung von Sprüngen in ihnen oder am Ofen wegen grossen Innendruckes, ungenügende Erwärmung entlegener Räume oder deren zu schnelle Erkaltung. In letzterer Rücksicht sollte dasselbe System nicht über mehr als drei Stockwerke ausgedehnt werden; bei grösserem Bedürfniss stelle man lieber mehrere kleine Apparate auf, welche einzeln in Gang gesetzt, ausgeschaltet, reparirt und überdies besser gegen Wärmeverlust geschützt werden können. Das Missliche von Rissen wird, wie schon erwähnt, durch Umhüllung der Leitungsröhren vermindert; im Uebrigen braucht man nur den thermischen Ausdehnungscoëfficienten des Materiales sorgsam zu berücksichtigen, in welcher Beziehung für die gewöhnlich in Aussicht stehenden Expansionen genügender Spielraum gewährt ist, wenn man die Verbindungsstellen mit Bleistreifen versichert. Der an erster Stelle gebrachte Vorwurf lässt sich freilich nicht ganz entkräften, trifft aber mehr oder weniger jede Ventilirmethode.

§. 389. Einfacher noch erscheint die Verbindung der Aspirations-Ventilirung mit der Luftheizung, indem an gemeinsamem Heerde reine Luft erhitzt und in verzweigten Röhren zu vergitterten Oeffnungen an den Wänden der, der Heizung und Ventilation bedürftigen Räume geleitet wird. Leider kleben dem Verfahren viele Mängel an. Die Röhren lassen leicht durch Risse und undichte Stellen in den Feuerstätten Rauch und im glühenden Zustand selbst unverletzt gasige Verbrennungsproducte eintreten, welche die Heizluft verunreinigen, und diese selbst führt Staub durch die Leitungsröhren, deren Mündungssiebe man fast immer damit überzogen findet; überdies hält man eine hygienisch bedenkliche, wohl weniger in einer gröberen chemischen Zersetzung oder Beimischung als in der physikalischen, auf das Ozon bezüglichen, Umgestaltung bestehende Modification der hiemit ihren ventilatorischen Werth gänzlich verlierenden Luft durch die hohe Temperatur für wahrscheinlich und fürchtet mit Recht ihre grosse Armuth an Feuchtigkeit, welche vom Zuschuss absichtlich aufgestellter zudem die Sporenbildung befördernder Verdunstungsflächen nur dürftig ausgeglichen wird. — Die niedrige Wärmecapacität der atmosphärischen Luft gewährt nur einen scheinbaren Vortheil. Es ist wahr, dass sie nicht viel mehr, als den vierten Theil

der Wärmezufuhr bedarf, welche ein gleiches Quantum Wasser für eine bestimmte Temperaturerhöhung erheischt, aber der von jener leicht erworbene Hitzegrad ist nicht nachhaltig, so dass beständig das Feuer unterhalten werden muss, wenn er auf gleicher Höhe bleiben soll. Zudem kann man der Luft bloss eine beschränkte Geschwindigkeit verleihen, so dass die zu den entfernteren Räumlichkeiten laufenden Röhren weit sein müssen und viel Wärme verlieren; dies betrifft vornehmlich wegen des Auftriebes der erwärmten Luft horizontale oder schwach geneigte Kanäle, welche daher nur über kurze Strecken geführt werden sollten. Um die Benachtheiligung der untren Etagen durch die zu rasche Aufströmung der heissen Luft hintanzuhalten, gibt Lübke jedem Stockwerk ein besonderes Luftröhrensystem. — Der empfindliche, selbst gesundheitwidrige, Zug an den Eintrittstellen der Luft, wie er besonders im Wiener Belvedere getadelt wurde, kann wohl durch technische Verbesserungen vermieden werden.

§. 390. Der gute Erfolg der aspiratorischen Ventilation hängt nicht bloss von den genügenden Temperaturdifferenzen der inneren und äusseren Luft, sondern auch von der architektonischen Anlage ab, für welche man, namentlich im Interesse der Kranken und Verwundeten, nirgends so tiefes, allmälig, besonders durch die Noth der Epidemien und der Kriege, auch anderwärts als nachahmungswerth anerkanntes Verständniss zeigt, als in Nordamerika. — Eine gut drainirte Ebene mit Kiesuntergrund, genugsame Ausdehnung gleichmässigen Terrains, Höhe der Lage, Entfernung des Platzes von grossen Verkehrstrassen oder ungesunden Gegenden, Reichthum an gutem Trinkwasser sind Haupterfordernisse bei Auswahl einer Hospitalbaustelle. Jeder Krankensal mit höchstens sechzig Betten bilde ein selbstständiges Gebäude und sei mit den übrigen bloss durch einen gedeckten Gang ohne Seitenwände verbunden. Die Anordnung der Bauten kann staffel-, strahlen- oder gassenförmig sein, jedenfalls aber soll zwischen zwei nächsten ein Spielraum von circa 10 m liegen und wo möglich die Längsachse des architektonischen Hauptplanes von N. nach S. laufen. Die Grösse des einzelnen Saales sollte so bestimmt sein, dass jedem Kranken ein Luftraum von ungefähr 40 cubm. gewährt ist. — Bei warmem Wetter geschieht die Ventilation unter Mitwirkung der Thüren, Fenster und zahlreichen Poren der leichten Wände durch den First, welcher der ganzen Länge nach offen nur durch ein überragendes Reiterdach geschützt ist, im Winter aber geschlossen werden kann. Dann wird mittels besondrer Suctionskanäle ventilirt, welche mit den von Metallmänteln umhüllten Oefen verbunden sind, von denen die Abzugsröhre zu einem 2m höher angebrachten überdeckten Kanal emporsteigt.

So hat zum hygienischen Heile der leidenden Menschheit das naturwissenschaftliche Verständniss unsrer Tage die monumentalen

Prachtbauten kastellartiger Spitäler mit ihrer in ungegliederten Facaden und abgeschlossenen Höfen stagnirenden Luft durch leichte aber reinliche Baraken und Zelte ersetzt.

c. Die Pulsionsventilirung.

§. 391. Will man sich nicht auf die immerhin mehr oder weniger unsichere und von wenig beherrschbaren Ereignissen abhängigen Luftströmungen in Folge localer Wärmeunterschiede verlassen, so gründet man den Betrieb jener auf das Spiel mechanischer Kräfte, deren Beschaffung und Unterhaltung allerdings meist umständlicher, oft auch kostspieliger ist, als die Benützung der thermischen Saugkraft, aber den hohen Vortheil der freien Verfügung gewährt. — Man könnte zu fraglichem Zweck die jedoch meist speciell technischen Zwecken dienenden Gebläse benützen, am besten das Centrifugalgebläse, welches ebensogut wie zum Eintreiben als Exhaustor zum Aussaugen der Luft verwendbar ist. Es besteht aus einem flachen Cylinder mit horizontaler Achse, um welche eine aus sechs Flügeln zusammengesetzte Schaufelwelle gegen 1000mal in der Minute umläuft; eine durch die Centralöffnung der einen Grundfläche laufende Röhre führt Luft ein, welche in den Schaufelzwischenräumen eine nach Aussen wachsende Geschwindigkeit annehmend durch die Schwungkraft zur peripherischen Entweichung in einen tangential von der Seitenfläche abgehenden Kanal gezwungen wird. — Zweckentsprechender wirkt hier der Flügeldruckventilator, welcher mit 2—4 schiffschraubenähnlich gekrümmten Flächen, unter 36° an der mit den Spitzen in glatten Pfannen laufenden, 3—400mal in 1 Min. durch Dampf- oder Wasserkraft umgedrehten Achse sitzend, durch Hauptkanal und Zweigröhren, welche zur Schwächung der Schallleitung und Abhaltung gröberer Unreinigkeiten mit Wattediaphragmen und zum Schutz gegen Zugwind an den Mündungen mit Schiebern versehen sein können, die in besondren Räumen durch zerstäubtes Wasser gekühlte Luft in die zu ventilirenden Gelasse presst. Für das ventilatorische Bedürfniss von 3500 Menschen genügt der mechanische Verbrauch einer Pferdekraft.

§. 392. Von Farcot-Grouvelle wurde im hospital Lariboisière eine mechanische Ventilation mit der Dampfheizung verbunden, auf welch letztere zuerst, lang vor der technischen Anwendung des Principes, W. Cook unter Hervorhebung der hohen latenten, bei der Verdichtung zu Gunsten der Condensationsräume frei werdenden Wärme des Wasserdampfes aufmerksam gemacht hat. — Ein im Souterrain durch Dampf getriebener Ventilator wirft die durch den oberen Theil eines Glockenthurmes einströmende Luft in einen grossen

Kanal, der sich ähnlich den Dampfheizröhren verzweigt, mit diesen aber erst an den Saaleingängen in nähere Beziehung tritt, damit sich die circulirende Luft nicht allzufrüh und stark erwärmt. In den entlegeneren Pavillons vermindert sich das einströmende Luftvolum proportional der Entfernung von der Maschine, wesshalb die Röhrenquerschnitte successiv durch Register verkleinert werden. Der Kessel, in welchen das in den abschüssig gelegten Leitungsröhren condensirte Wasser noch warm zurückfliesst, bildet Dampf von fünf Atmosphären, welcher nicht bloss heizt, sondern auch die Maschine in Gang setzt. — Die Ventilation soll im Allgemeinen gut functioniren, indem auch das unvermeidliche Oeffnen der Thüren und Fenster die Volumina der regelrecht ein- und ausgehenden Luft höchstens um 0,3 des Normalwerthes vermindert; dagegen ist die Dampfheizung nicht ohne Schattenseiten, wie: Geräusch des Dampfes in den Röhren, leichte Circulationstörung durch partielle Verflüssigung, Dampfentweichung aus Rissen und Fugen, Möglichkeit einer Explosion. Die letzte scheint indess erfahrungsgemäss verhältnissmässig selten einzutreten, selbst dann, wenn, wie Perkins zuerst that, eine Ueberhitzung des Wasserdampfes in dem aus gewundenen Röhren zusammengesetzten Kessel auf 500 ^{0} und in den Leitungskanälen auf 200 ^{0} C. bewerkstelligt wird. Weil hiebei sowohl die Wärmeabgabe, als die Circulation beschleunigt ist, sind sehr enge Röhren anwendbar, welche einen ungeheuren Druck von circa fünfzehn Atmosphären aushalten müssen.

§. 393. Van Hecke combinirte im hopital Beaujon die Luftheizung mit einer Ventilation, welche „par appel et injection“ wirken soll. Der Centralapparat der ersteren steht im Souterrain und empfängt die Luft durch eine weite, erst horizontale, dann im Mauerwerk senkrecht aufsteigende und 2 m hoch im Garten frei mündende Zinkröhre. Nachdem die Luft in Berührung mit den Rauchröhren, welche nach Bedürfniss in ihrer Temperatur regulirt oder ganz abgesperrt werden können, erwärmt und mittels Ueberströmung einer Wasserfläche durchfeuchtet ist, fliesst sie durch einen grossen Kanal zum Fussboden des Parterresaales, woselbst ein vergitterter gusseiserner Kasten darüber gestülpt ist. Die Kanalöffnung ist 75 cm. weit; von ihr aus führt eine 60 cm. weite Röhre zur ersten Etage, während der ringförmige Raum zwischen den Wänden beider Kanäle die Luft für's Erdgeschoss abgibt; eine ähnliche Anordnung befindet sich im ersten Stock. — Die Hinausleitung der schlechten Luft, welche man bei vollkommener Sicherung einer guten und reichlichen Eintreibung vielleicht den natürlichen und zufälligen Oeffnungen überlassen könnte, geschieht durch vier in den Saalecken angebrachte Abzugkanäle, welche nebeneinander aufwärts zum Dachboden steigen, daselbst zu

je dreien unter Einschiebung verstellbarer Register in eine horizontale Zinkröhre mündend. Letztere, von den vier Ecken herkommend, vereinen sich in der Mitte des Dachraumes in einem Behälter, von welchem der Luftfang aufsteigt. In diesem arbeitet ein mechanischer Ventilator, welcher durch Transmission von der nämlichen Dampfmaschine zugleich mit einem zweiten in Bewegung gesetzt wird, der im Kanal des Souterrain die vom Garten bezogene frische Luft zum Einströmen bringt. Die Ventilatoren bestehen aus zwei Platten, deren Stiele senkrecht in die Drehungsachse gefügt sind, während die Neigung der Flächen, bei Beginn der Bewegung in der Regel 60—70° betragend, im Verlauf derselben wechselt.

Die Vorzüge des Hecke'schen Heizsystemes, bei dessen Beschreibung die weniger wesentlichen Punkte übergangen sind, liegen im centralen Ausströmen der Heizluft, was eine gleichmässige Erwärmung der Räume ermöglicht, in der genauen Regulirung des zuströmenden Quantums und in der Zulässigkeit einer exacten Messung der Luftvolumina. Auch seine Ventilation, welche neben der sonst gewöhnlich die Hauptsache bildenden Heizung, eine berechtigte Selbstständigkeit hat, zeigt in dieser Hinsicht einen Fortschritt, verfällt aber dem jeder Luftheizung anklebenden Vorwurf, dass ein gesundheitsmässiger Wasserdampfgehalt der Luft wenig verbürgt ist, und bei grosser Kälte die Erhaltung einer constanten Zimmerwärme auf Kosten der wahrscheinlich schon bei 50° C. modificirten Luftqualität geschieht.

d. Vergleichung der Ventilationsysteme.

§. 394. Von einer guten Ventilation kann und muss verlangt werden, dass sie das hygienische Luftwechsel-Bedürfniss jeder Oertlichkeit nach deren Bestimmung vollständig deckt. Im Allgemeinen muss, um 300 cubdm. während einer Stunde ausgeathmeter Luft mit einem Kohlensäuregehalt von 40 p. m. in diesem bis auf 1 p. m. herabzubringen, welch letzteren Werth v. Pettenkofer allein befriedigend genug findet, um sich bei den Leistungen des natürlichen Luftaustausches beruhigen zu dürfen, fast das hundertfache Luftvolum mit höchstens 0,5 Kohlensäure p. m. zugemischt werden. Im Besondren weichen die Ansprüche vielfach von einander ab, doch sollte überall das stündliche Minimalluftquantum für einen Gesunden zu 10 cubm. angenommen werden, während es in Krankensälen wegen der durchschnittlich vermehrten, auch veränderten Ausdünstung, der Exhalationen der Spucknäpfe, Nachtstühle und Umschläge, der Absonderungen von Wundflächen und anderer Schädlichkeiten auf das Doppelte oder Dreifache zu erhöhen ist. In der Regel gewähren selbst schlechte Einrichtungen wenigstens scheinbar und angeblich eine höhere Ventilationsgrösse; so fanden Gay-Lussac und Regnault 1844 in

Charenton dieselbe zu 67—118, Boudin in Beaujon: 70, Morin in der Academie des sciences: 76—78, Livet in la Ribois: 90, Grassi daselbst 30 cubm. für Kopf und Stunde, während für das van Hecke'sche System die ein- und ausgeströmten Volumina bei geschlossenen Thüren und Fenstern zu: 248 und 216, bei geschlossenen Fenstern und offenen Thüren zu: 270 und 155, bei Maschinenstillstand zu 164 und 144 cubm. angegeben werden. Morin fixirt die Ventilationsgrösse für gewöhnliche Kranke zu 70, chirurgisch Leidende und Wöchnerinen 80—100, in Epidemien 150, in Gefängnissen 50, in Werkstätten 60, in ungesunden Arbeitsräumen 100, in Casernen bei Tag 30, bei Nacht 40-50, in Theatern 40—50, in Sitzungssälen 60, in Kinderschulen 15—20, in Lehrsälen 30—40, in Ställen 180—200 cubm. (!), und im neuen hotel Dieu in Paris ist sie auf Tardieu's Vorschlag, jedenfalls für alle Bedürfnisse ausreichend, zu 100 cubm. angenommen worden, wogegen unsre obige, allerdings nur unter Voraussetzung tadelloser Qualität des Materiales zulässige, Minimalgrösse sehr bescheiden zurücktritt. — Diese Qualität der Ventilationsluft nun ist es eben, welche, abgesehen von dem nicht allzeit im Sinne einer gelungenen Prüfung geschehenden mechanischen Ablauf der Processe, die an sich höchst erfreulichen Zahlenwerthe in ihrer wahren Bedeutung oft namhaft beeinträchtigt. —

§. 395. Zur Bemessung der quantitativen Ventilationsleistungen dienen Anemometer, welche in den Hauptkanälen der Ein- und Ausströmung aufgestellt werden. Am brauchbarsten sind diejenigen, deren unter 55° gegen die Drehachse geneigte Flügel fast dem Durchmesser der Röhre gleich sind, weil diese ohne Weiteres die mittlere Luftgeschwindigkeit angeben, während man mit dem kleineren Windmesser von Combes den zur Schnelligkeitbestimmung geeigneten Punkt erst aufsuchen muss, ohne sicher zu sein, einen wirklichen Mittelwerth zu erhalten. Die Axe des Anemometer dreht mittels eingeschnittener Schraube ohne Ende und Zahnrad einen Zähler, welcher vier Zifferblätter mit je 100 Theilstrichen besitzt, deren jeder einer ganzen Rotation des vorhergehenden Systemes entspricht. Während hier mittels der entsprechenden Zeiger die einzelnen Drehungen gezählt, aber auch für längere Zeiten je 100, 10000, 1000000 derselben zusammengefasst werden können, ist in andren Fällen die Daumenübersetzung der Rotationen auf die Zahlen 100 und 50 beschränkt. — Eine andre Form dieser Messinstrumente besteht in einer sehr leichten um einen ihrer Durchmesser beweglichen durch ein Gewicht äquilibrirten Metallscheibe, die in ruhiger Luft horizontal steht, unter dem Einfluss der Strömung aber je nach deren Stärke geneigt und selbst vertikal gestellt wird. Die Scheibenschwingungen werden beweglichen Nadeln mitgetheilt, die auf Zifferblättern in den einzelnen Etagen an-

gebracht sind. Hier wird zunächst die Geschwindigkeit des Luftstromes angezeigt, welche Angabe mittels einer besondren Graduirung der Scala, indem die Geschwindigkeit mit dem Querschnitt des Kanales multiplicirt ist, in Luftvolumina übersetzt wird. — In Bezug auf die Qualität der Ventilationsluft fasst man gewöhnlich allein oder doch in erster Linie ihren Kohlensäuregehalt ins Auge. Derselbe wird natürlich vornehmlich durch die thierische Athmung erhöht und zwar nach v. Pettenkofer so, dass ein Erwachsener mittlerer Grösse in jeder Minute $^1/_5$ Liter des Gases an die Atmosphäre abgibt; die Quantität der durch Ventilation zuzuführenden Luft soll nach demselben Forscher diejenige der in gleicher Zeit ausgeathmeten wenigstens in dem Verhältniss übertreffen, in welchem der Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft grösser ist, als die Differenz zwischen dem Kohlensäuregehalt der freien Luft und einer solchen, in welcher der Mensch erfahrungsgemäss auf längere Zeit sich wohl befindet. Indem er nun den Kohlensäuregehalt der Exspirationsluft zu 4 prc., denjenigen der freien Atmosphäre zu 0,05 prc. und den einer guten Zimmerluft zu 0,07 prc. annimmt, berechnet er eine qualitativ vollkommene Ventilationsgrösse auf das 200fache $\left(\frac{4}{0{,}07 - 0{,}05}\right)$ des Exspirationsvolums, also für Stunde und Kopf = 60 cubm. — Dieselbe wird kleiner sein dürfen, wenn der Kohlensäuregehalt der zugeführten Luft unter 0,05 prc. herabgeht, oder, was allerdings nur innerhalb sehr enger Grenzen zulässig erscheint, ein 0,07 prc. überschreitender Gehalt der Mischungsluft in Aussicht genommen wird; sie muss grösser sein, wenn eine schlechtere Luft beigebracht oder grössere Reinheit des Mengproductes verlangt wird. Im vergleichenden Hinblick auf diese Forderung ist klar, dass eine aus schon bewohnten oder gar Verbrennung- und Gährungsprocessen ausgesetzten Räumen geschöpfte Luft nur einen höchst geringen, möglicher Weise sogar negativen ventilatorischen Werth hat. Die thermische Aspiration bezieht aber die Luftströme aus allen zugänglichen Localitäten von niedrigerer Temperatur, demnach nicht nur auf vorgeschriebenen Wegen, sondern auch aus schlecht geheizten Sälen, Corridoren, Küchen, Kellern, Aborten, Höfen, wo zuweilen eine schlimmere Luft sein wird, als dort, wo anscheinend mit sehr befriedigendem quantitativen Werthe ventilirt wird. Natürlich mögen neben der Kohlensäure andre Gase, wie Ammoniak, Schwefel- und Kohlenwasserstoffe bei besonders ungünstigen Umständen des Bezuges der Ventilationsluft beigemengt sein, doch ist dies in merklicherem Grade, eine Seltenheit. Dagegen dürfte dem Feuchtigkeitgehalt derselben grössere Aufmerksamkeit als bisher geschenkt werden, indem davon die durch die Athmung geübten hygienischen Einflüsse nicht unberührt bleiben.

Aspiration oder Pulsion an sich gewähren in dieser Hinsicht keinen besondren Nutzen oder Schaden, sondern nur indirect, insofern mit Vorliebe die eine oder andre dieser oder jener Centralheizung beigesellt wird. Von den für diese gebräuchlichen Systemen ist bloss das unmittelbar mit erhitzter Luft arbeitende zur nachtheiligen Verminderung ihrer hygroskopischen Eigenschaften geeignet, während von den übrigen desfalls keine specifische Einwirkung ausgeht.

§. 396. Eine genaue Vergleichung der Aspirations- und Pulsionsventilirung stellte im Auftrag der Commission d'hygiène des hopiteaux 1865 General Morin an, wie es scheint, nicht ohne Voreingenommenheit für das erstere System, von welchem er behauptet, dass die Grösse der Luftzufuhr in jeder Jahreszeit und unabhängig von zufälligen Umständen, wie der Oeffnung von Thüren oder Fenstern stets gleich gross bleibe, und dass überhaupt 0,85 des gesammten Luftwechsels auf specielle Rechnung der natürlichen Aspiration zu setzen sei. Dagegen betrage der wirkliche Antheil des mechanischen Ventilators an der Wegführung verdorbener Luft oft nur 0,15 ihres Volums und vom eingetretenen Luftquantum 0,34—0,48. Bei sehr geringem Wärmeunterschied und windigem Wetter verhindere die Pulsion nicht einmal Rückströmungen, während die Aspiration auch dann ihre Dienste nicht versage. — Selbst wenn Letzteres und überhaupt Alles, was zum Lobe der Aspirationsventilirung gesagt wird, richtig wäre, sind damit noch nicht die in qualitativer Hinsicht vorgebrachten Bedenken zerstreut; es ist aber auch in rein quantitativer Beziehung nach der Sachlage und dem Ergebniss anderweitiger Prüfungen manche Störung, selbst zeitweise Unterbrechung oder Umkehrung der aspiratorischen Strömungen durch ungünstige Temperatur- und Windverhältnisse nicht hintanzuhalten. Demungeachtet hat sich die im Allgemeinen ruhige und milde, mässigen Ansprüchen in der Mehrzahl der Fälle genügende Functionirung der thermischen Luftansaugung in Verband mit der gleichförmigen angenehmen Erwärmung durch eine gute, gern mit jener combinirte Centralwasserheizung viele Freunde erworben, welche namentlich für dauernd, und zwar von empfindlichen Subjecten, bewohnte, einer regelmässigen, aber still und gelinde wirksamen Versorgung mit Luft und Wärme bedürftige Gebäude, wie Hospitäler, Erziehungsanstalten, Localitäten für höhere öffentliche Arbeiten, auch grössere und feinere Wohnhäuser diese Einrichtung jeder andern vorziehen, während sie kurz, aber dann massenhaft, unter Ansprüchen, welche eine rasche energische Befriedigung erheischen, benützte Räumlichkeiten, wie Theater und Festsäle der unerquicklichen aber durchgreifenden gewaltsamen Eintreibung heisser Luft oder einer combinirten Pulsionsdampfheizung überlassen. — Das letztere System ist übrigens bei guter Construction und Leitung auch

für andere ventilatorische Zwecke am Platz, denn es ist unverkennbar, dass die Kraft einer beliebig regulirbaren Maschine die grösste Garantie gewährt, selbständig und unabhängig vom Wetter, von beliebigen Differenzen der Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit der inneren und äusseren Luft, sowie von örtlichen Unzukömmlichkeiten stets das nöthige Quantum und die richtige Qualität des Ventilationsmateriales zu liefern. Was an der Erfüllung dieses Versprechens noch fehlt, ist ausschliesslich eine Frage der fortschreitenden Technik. So hat unter Anderm van Hecke's Schraubenventilator, welchem Boehm vorwirft, dass er, mit einer zu kleinen Anzahl von Flügeln ausgestattet, im centralen Theile des Kanales unregelmässige Wirbel und auch im peripherischen keine continuirlichen, der Achse parallele Ströme, sondern einzelne, unter 45—60° hinausgeschleuderte Luftstösse erzeuge, durch Haag eine Verbesserung erfahren, indem statt der parallelogrammatischen Flügel solche von gleichschenkelig-dreieckiger Form mit gegen Aussen gekehrter Basis angebracht sind, wodurch, weil die breiteste Fläche in die Bahn der Maximalgeschwindigkeit fällt, 40—50 prc. mehr Luft eingetrieben wird. —

Diese und ähnliche Erwägungen führen zur Ueberzeugung, dass die Pulsionventilirung besser ist, als sie Morin hinstellt. Er hätte nicht das Volum der abgeführten Luft zur Grundlage der Berechnung nehmen sollen, weil dies allerdings bei Einrichtungen mit erwärmten Kanälen sich grösser herausstellt. Gewiss ist auf der andren Seite der Ersatz der weggeführten Luft nach Quantität und Qualität von der grössten Wichtigkeit. Da nun nach Grassi im System Duvoir's dies grossentheils durch Fenster und Thürspalten erfolgt, kommt keinesfalls an Stelle der schlechten ebensoviel reine Luft, und misst daher das Quantum der ersteren nicht die wahre Ventilationsgrösse. Grassi legt mit mehr Recht die eingeführte Luft seiner Berechnung zu Grund, welche demnach für die Pulsionsventilirung anerkennend ausfällt, dagegen für die Aspiration dadurch noch nachtheiliger erscheint, dass alle auf Nebenwegen eingedrungene Luft für nutzlos gehalten wird, was sie kaum irgendwo gänzlich ist, obwohl zugegeben werden muss, dass dieselbe schwerlich auf einen bestimmten calculatorischen Werth zu bringen ist, in welcher Unbestimmtheit gerade eine der Hauptschattenseiten des Aspirationsystemes liegt.

Zum Schluss dieser vergleichenden Betrachtung sei noch erwähnt, dass Trélat den Einheitspreis der Heizung und Ventilation auf einen Kubikmeter reiner Luft für eine Stunde und jeden Kopf bei gehöriger Erwärmung bezieht. Er ist nach Grassi für das System Duvoir: 3 fr. 36 cent., für das System van Hecke: 61 cent.; dort werden stündlich 30, hier 97 cubm. Luft per Kopf eingetrieben. —

§. 397. Im Allgemeinen wird der Werth jeder Ventilations-

Einrichtung, welcher nur an der Constanz des hygienischen Effectes gemessen werden kann, immer eine relative Bedeutung haben je nach dem Zweck und der Anlage, deren Mängel oft mehr in architektonischen Fehlern oder unrichtigen Proportionen der Bestandtheile, als im Princip wurzeln. Eine Erschwerung der Kritik oder einige Unklarheit und Unbestimmtheit ihrer Aussprüche kommt auch daher, dass fast immer gleichzeitig die Einrichtung und Leistung von Centralheizungen beurtheilt werden soll, deren Bedeutung noch mehr als bei der Ventilation von secundären Umständen abhängt. — Girard spricht sich in einer Vergleichung der drei Centralheizsysteme dahin aus, dass die Luftheizung nur geeignet ist, wo schnell und vorübergehend grössere Räume mässig erwärmt werden wollen, die Wasserheizung eine höchst gleichmässige continuirliche Erwärmung gibt, die Dampfheizung endlich nur vortheilhaft erscheint, wenn man den Dampf im oder am Gebäude noch zu Nebenzwecken, besonders der Industrie, jedenfalls aber der Luftpulsion verwenden kann. — Wichtig ist die relative Geschwindigkeit, mit welcher die Veränderung der Temperatur eintritt, was vornehmlich von der Wärmecapacität der Heizmedien abhängt; diese ist für Wasser 1, für Dampf 0,847 (0,475 [Regnault]), für Luft 0,237 (bei constantem Druck). Das Wasser erwärmt sich also unter diesen Stoffen am schwersten und langsamsten, was indess nicht hindert, dass in Gebäuden mit der Duvoir'schen Einrichtung eine Stunde nach dem Anheizen sämmtliche betheiligte Räumlichkeiten auf 14° C. erwärmt sind, welche Temperatur lang erhalten bleibt. Bei der Dampfheizung geschieht, nachdem einmal die allgemeinen Vorbereitungen getroffen sind, die Temperaturerhöhung sehr schnell aber ungleichmässig und in rascher Abnahme mit der Entfernung, wogegen bloss die, aus andren Gründen wenig erfreuliche, Aufstellung mehrerer kleiner Apparate hilft. Die Luft erheischt geringe Wärmezufuhr und die Anlage der erwärmenden wie ventilirenden Einrichtungen ist verhältnissmässig billig; in jeder andern, namentlich, wie mehrfach hervorgehoben, der ventilatorischen Rücksicht steht indess das unmittelbar mit ihr arbeitende System hinter den übrigen weit zurück, — unter Andrem auch wegen der eigenthümlichen Verbreitung des directen Wärmeträgers, welcher in Form von mehr oder weniger heissen Gasströmen den Körper treffend an dessen freien Oberflächen eine unverhältnissmässig rasche Verdunstung, und hiemit das bekannte unangenehme Gefühl grosser Trockenheit hervorruft.

C. Primitive Heizvorrichtungen.

§. 398. Auch die vereinzelte örtliche Heizung ist nicht ohne jeglichen Bezug zum Luftwechsel, welcher am allerschlechte-

sten in winterlich ungeheizten Gelassen, wegen mangelnder Temperaturdifferenz und Feuchtigkeitsverschluss der Wandporen, vor sich geht. — *Heerd* und *Feuerraum*, die Orte, wo die Verbrennung geschieht und die Wärme sich zunächst ansammelt, sind im Ganzen abgeschlossen und haben bloss Oeffnungen zur Einbringung des Brennmateriales und Luftzufuhr, für diese gewöhnlich in Rostform, welche zugleich den Abfall der Asche gestattet. Hinsichtlich der räumlichen Dimensionen sind folgende mit Nachtheilen der physikalischen Leistung verbundene Constructionsfehler zu vermeiden. In übergrossen Räumen wird das Brennmaterial zu schnell verzehrt und zudem entweicht ein grosser Theil der Luft ohne jeden Nutzen. In zu kleinen ist die Verbrennung unvollkommen, weil der atmosphärische Sauerstoff nur schwierig und in ungenügender Menge an die zu oxydirenden, unter diesen ungünstigen Bedingungen meist nur in Kohlenoxyd übergeführten Substanzen herantritt. In zu niedrigen wird die Flamme gedämpft und die Stagnation der Gase hindert eine vollkommene Verzehrung der oxydablen Stoffe.

Ein höchst wichtiger Theil jeder Heizvorrichtung ist der *Schlot*, in welchem die durch die Erwärmung verdünnte Luft emporsteigt, womit einerseits die gasigen oder nur in den Dünsten fein suspendirten Verbrennungsproducte entfernt, anderseits zum Heerde frische Luftströme nachgesaugt werden. Die Schnelligkeit der Aufsteigung des Rauches hängt vom Wärme-Unterschied der inneren und äusseren Luft, von der Schlothöhe und dem Barometerstand im geraden, von der, mit der Beschaffenheit der Innenwände, ihrer Form und der Weite des Lumen zusammenhängenden, Reibung in verkehrtem Verhältniss ab. Die in erster Linie erwähnte *Temperaturdifferenz* ist immer das primum movens der *Rauchströmung*, denn die höhere Spannkraft der warmen inneren Luft überwindet den Druck der äusseren kalten und ist darstellbar in Form einer *Pressungsäule* von bestimmter Höhe. Ist diese h und b der mittlere Barometerstand, beides in Quecksilber, so ist die Dichte der wirksamen Luft $\frac{b + h}{13{,}5 . 770 . b}$ und die *Ausströmungsgeschwindigkeit* =

$$\sqrt{\frac{2g \times 13{,}5 . 770 . b \times h}{b + h}} = c.$$

— *Winde* haben nach ihrer Richtung grossen Einfluss auf den Luftzug im Schlot. Ein horizontal über die Schornsteinmündung hinstreichender Wind vermindert zwar den Querschnitt der Rauchströmung, sie abschrägend, aber verweht auch zur Ausgleichung den einmal herausgetretenen Rauch schneller. Ein vertikal aufwärts gerichteter Luftzug beschleunigt die Rauchbewegung bei jenem zu gut kommender positiver Geschwindigkeitsdifferenz, in senkrechter Richtung abwärts hemmt er das Aufsteigen des Rauches und treibt ihn bei hinreichender Stärke sogar zurück. Jede schiefe

Windrichtung lässt sich nach dem Kräfteparallelogramm auf die besprochenen Hauptfälle zurückführen. Natürlich ist der in Rede stehende Einfluss um so geringer, je kräftiger der Rauchzug im Schlote herrscht, weshalb sehr hohe und isolirte Schornsteine darunter wenig leiden. Gewöhnliche Häuserschlöte dagegen, für welche oft die mehr oder weniger hohe Umgebung die Windrichtungen höchst ungünstig modificirt, kann man mit durchbrochenen Aufsätzen oder, Windfahnen ähnlich, beweglichen Hauben zum theilweisen Schutz vor derartigen Störungen versehen. — Von andren hieher bezüglichen Agentien sei die Luftfeuchtigkeit und die Sonnenstrahlung erwähnt. Erstre gewinnt wohl nicht direct auf den Zug im Schornstein, aber auf die Verbrennung Einfluss, indem bei übermässiger Schwängerung der Luft mit Wasserdunst der Nutzeffect des Brennmateriales wegen herabgesetzter Oxydation verliert. Die zweite wird dadurch bemerkenswerth, dass bei ihrer unmittelbaren Einwirkung auf die Mündungen wenigstens kleiner Schornsteine der Rauch gern zurücktritt, vermuthlich deshalb, weil die in der erwärmten Umgebung aufsteigenden Luftströme um den weniger heissen Schornstein herum ungünstige Richtungen annehmen; ist derselbe einmal warm genug, so pflegt sich die nur beim Anheizen bemerkliche Benachtheiligung der Rauchabströmung nicht mehr in belästigendem Grad geltend zu machen.

§. 399. Als locale Heizmethoden erscheinen die Ofen- und Kamin-Heizung. — So verbreitet jene ist, bildet sie noch immer eine offene Frage, indem seit den 1552 auf dem Regensburger Reichstag darüber gepflogenen Verhandlungen beständig an Verbesserungen, welche oft nur Veränderungen sind, gearbeitet wird. Indem ich die in diesen Bestrebungen zu Tag geförderten Systeme und Methoden der speciellen Technik überlasse, gedenke ich nur der eigentlichen Vermittler der Erwärmung: der aus einem Material mit geringer Wärmecapacität hergestellten Ofenwände, deren Strahlungs- wie Leitungs-Vermögen in Betracht kommt. Irdene Kachelwände sind im Allgemeinen den eisernen vorzuziehen, denn diese, deren Material ungefähr die halbe Wärmecapacität des Thones besitzt, werden zwar schnell heiss, verlieren aber ebenso rasch die Wärme; überdies lassen sie im erhitzten Zustand Verbrennungsgase durch, woraus, zumal die leicht in Glut kommenden Metallplatten verändernd auf die Luft oder die darin suspendirten Körperchen wirken, die neben der unangenehmen Gähhitze oft bemerkbare gesundheitwidrige Wirkung der Eisenöfen in Wohnräumen sich erklärt. — Niemeyer theilt die Oefen in zwei Gruppen, bezichlich mit extensiver und intensiver Feuerung, wovon jene die gewöhnlichen Einrichtungen gewähren, während der Repräsentant dieser der Regulirfüllofen ist, in welchem innerhalb eines fusshohen feuerfesten Schachtes eine Säule nussgrosser Kohlenstücke von Oben nach Unten langsam ab-

brennt. — Bei der England und den südlicheren Gegenden eigenthümlichen Kaminfeuerung wird die Luft durch unmittelbare Ausstrahlung von Seite der offenen Flamme erwärmt, wobei $^2/_3$ — $^3/_4$ vom Heizwerth des Brennmateriales verloren geht und ausserdem die Wärme wegen lebhaften, aus andren Gründen allerdings wünschenswerthen, Luftwechsels nicht lang vorhält. — Für beide im Grossen und Ganzen unvortheilhafte, aber im Kleinen wohl unvertreiblich eingebürgerten Systeme kann man sich vergleichsweise dahin aussprechen, dass die Oefen gut heizen, aber schlecht ventiliren, die Kamine gut ventiliren, aber schlecht heizen.

§. 400. Anhangsweise sollen hier noch drei Fragen erörtert werden, welche wenn nicht unmittelbar der Heizung angehörig, doch in Zusammenhang mit dem, uns als ein Pflicht des Lebens erscheinendem, Schutz gegen die atmosphärische Kälte stehen.

Bekanntlich erhöhen wir die thermischen Annehmlichkeiten unsrer geschlossenen Aufenthaltorte durch Anbringung doppelter Thüren und Fenster, in beiden Fällen nicht dem Material derselben, sondern der zwischen den Parallelflächen ruhenden Luftschicht das physikalisch gerechtfertigte Vertrauen zuwendend, dass die Entweichung der inneren Wärme verlangsamt werde. In der That ist selbst dann, wenn die Vorthüre gepolstert wird, wie in allen ähnlichen Fällen, nur die schlechte Wärmeleitungsfähigkeit der ruhigen Luft die Ursache des gewährten Schutzes. Auch die Wohlthat gut schliessender Winterfenster ist weit weniger der, aus ventilatorischen Rücksichten in absolutem Sinne nicht einmal wünschenswerthen, Verstopfung etwaiger Risse und Löcher, als der durch Vermittlung der begrenzten Luftplatte geschehenden Minderung der Wärmeableitung zu verdanken.

Insofern namentlich die Dauer des Heizeffectes von der Wärmezusammenhaltung im Innern der Gebäude und diese grossentheils von den thermischen Leitungs- und Strahlungsverhältnissen der Baumaterialen abhängt, gehören hieher die desfallsigen relativen Werth-Bestimmungen von Leslie für Marmor: 23, Porcellan: 12, gebrannten Thon: 11; von Peclet für feinkörnigen grauen Marmor: 2,088, grobkörnigen weissen Marmor: 1,668, Kalkstein: 1,014—1,248, Liasbaustein: 0,762—0,792, gebrannte Erde: 0,306 – 0,414 als Wärmeleitungscoefficienten eines cub.′ für 1 Stunde und eine Temperaturdifferenz von 1° C.; und von Lang, welch letztere im physikalischen Laboratorium des Münchener Polytechnicums angestellt, und im X. Bande (1874) von Carl's Repertorium für Experimentalphysik etc. beschrieben, zum Resultate führten, dass die verschiedenen Steingattungen annähernd gleiches Wärmeleitungsvermögen besitzen, mit Ausnahme der Ziegelarten, welche die Wärme weit schlechter leiten, als die übrigen derartigen Materialien.

Endlich spielen in der menschlichen Wärmeoekonomie die Klei-

der eine mit Wohnung und Heizung concurrirende, ja sie an allgemeiner Bedeutung übertreffende Rolle. Auch hier ist es nicht der Kleidungstoff an sich, sondern die zwischen seinen Fasern und Flächen eingefangene Luft, was sowohl die Körperausstrahlung als den äusseren Angriff der atmosphärischen Strömungen in ihrem erkältenden Einfluss auf den Organismus mildert, indem die Ausgleichung zwischen Körperwärme und Lufttemperatur von der Haut in die Interstitien und Oberflächen der Kleider verlegt wird, welche nach Paul Niemeyer's Ausdruck gewissermassen für uns frieren. — Die erste wissenschaftliche Betrachtung dieses Objectes geschah durch Rumford, welcher die Zeitdauer, während deren in einer Kältemischung eine Abkühlung um 135° F. statthatte, fand für Hasenhaar: 1312 sec., Eiderdunen: 1305, Biberfell: 1296, rohe Seide: 1264, Schafwolle: 1118, Baumwolle: 1046, Flachs: 1032, gedrehte Seide: 917 sec. — Die Hemmung der Wärmeableitung in Procenten bestimmte Krieger für dünnes Seidenzeug zu 3 prc., Guttaperchatuch: 4, Shirting und Leinwand: 5, dickes Seidenzeug: 6, hausgemachte Leinwand: 9, Waschleder: 10–12, Sommerbuckskin: 12, Flanell: 14, Winterbuckskin: 16—26, Doublestoff: 25–31, gepresste Watte: 28, lockere Watte: 58 prc. — Man sieht in diesen Werthen im Wesentlichen das erfahrungsmässige praktische Verhalten hinsichtlich der Kleiderordnung wissenschaftlich begründet und namentlich den obigen Satz über die Betheiligung der interstitiellen Luft bestätigt. — Für diese ist noch nach einer andren Seite eine Untersuchung der Kleiderstoffe wünschenswerth, bei welcher es sich um ihre, ventilatorisch wichtige, zur erwärmenden Fähigkeit keineswegs in geradem Verhältniss stehende, Durchlässigkeit handelt. Aus einem Gasometer presste v. Pettenkofer durch 1 cm. weite Glasröhren, an der Mündung mit nachfolgenden Stoffen überzogen, in einer Minute Luft: 10,41 litres bei Flanell; 6,07: Buckskin; 6,03: Leinwand; 5,37: sämisches Waschleder; 4,14: Seidenzeug; 0,15: weissgares Glacéhandschuhleder. — Sehr vortheilhaft für eine verlangsamte Wärmeabgabe und schützend gegen die Folgen feuchter Kälte ist jene hygroskopische Eigenschaft, vermöge deren feiner Flanell, in geringerem, doch immer noch für die unmittelbare Hautbedeckung wohlthätigem, Grade auch Baumwolle viel mehr Feuchtigkeit anschluckt als Leinwand und dieselbe nur halb so schnell wiederabgibt. — Betreffs der, natürlich von der Qualität abhängigen Masse der zu einem bestimmten thermischen Effect nothwendigen Kleidungstücke schliesse ich mit Niemeyer's Angabe, dass im Sommer 2—3, im Winter 6—7 kgr. genügen, dem Körper bei einer Blutwärme von 37° C eine unmittelbare windstille Umgebung von 24—30° C zu sichern. — Die thierischen Bewohner unsrer Regionen sind durch Haare oder Federn gegen eine, auch andauernde, Kälte von — 20° C hinlänglich geschützt.

D. Die künstliche Beleuchtung.

§. 401. Der Wärme aufs Innigste, wahrscheinlich durch die Identität des Grund-Processes, verbunden ist das Licht, welches, wenn, auch in der unmittelbaren Beeinflussung des thierischen und pflanzlichen Lebens weniger erkenntlich, aber doch unverkennbar, schon deshalb eine hohe hygienische Rolle spielt, weil es die Voraussetzung für die meisten und wichtigsten Formen der geistigen, wie körperlichen Thätigkeit bildet. Bestrebt bis auf einen gewissen Grad von dem nicht immer förderlichen, oft geradezu hemmenden Verlauf der natürlichen Erscheinungen sich unabhängig zu machen, greift der Mensch zur Verlängerung des Tages durch die künstliche Beleuchtung. — Wenn man die hiezu verwendeten Materialien nach dem Aggregatzustand unterscheidet, hat dies nur Sinn bis zum letzten entscheidenden Stadium der Wirksamkeit, denn was mit Flamme brennen soll, muss in gasförmiger Verbindung dem atmosphärischen Sauerstoff sich zugesellen, indem jene nur der Zeuge der in beständigem Wechsel der Entstehung und Vernichtung dazu führenden Processe ist. Damit die Flamme leuchte, ist von Zweien Eines nöthig, entweder — und das entspricht der älteren Annahme — müssen fein vertheilte glühende feste Körperchen, in der Regel Kohlenstoffatome, in ihr vorhanden sein, oder das Gas muss in sehr starkem Verdichtungszustand und unter beträchtlichem Druck brennen. Letzteres ist durch neuere Versuche selbst für Gase, welche sonst einer kaum nennenswerthen Leuchtkraft sich erfreuen, wie Wasserstoff, ausser Zweifel gestellt, und hiemit die bezügliche Lehre namhaft erweitert, aber doch in ihrem, wie mir scheint, davon unabhängigen früheren Theil nicht alterirt worden In der That können beide Fälle nebeneinander bestehen und thun es wirklich, indem gerade die praktisch wichtigsten Verbrennungsprocesse, welche zur Verbreitung der Helligkeit unterhalten werden, nicht unter höherem Druck wohl aber mit, durch Niederschlag an kalten Flächen direct aufzeigbarer, Kohlenstoffausscheidung einhergehen

§. 402. Von den ursprünglich in festem Zustand beschafften Beleuchtungsmaterialien sind ohne Zweifel Span und Kienfakel am ältesten, während der Zwillingsbruder des frühgekannten und beliebten Honig, das Wachs auffällig spät zur Uebernahme einer einschlägigen Rolle auftritt. In neuerer Zeit ist es wieder vom Stearin und Paraffin verdrängt worden, während der Talg seine unbestrittene Herrschaft in den niederen Kreisen übt.

Von flüssigen Substanzen genoss das Oel, jetzt fast überall dem in reinem Zustand gut brennenden, aber durch Nebenbestandtheile nicht ungefährlichen Petroleum gewichen, im grauen, darauf

angewiesenen Alterthum landwirthschaftlich und technisch sorgfältige Pflege. Man benützte wo möglich nur solches von vorzüglicher Güte, welches der Farbe und seiner geachteten Stellung unter den Pflanzenerzeugnissen wegen dem Golde verglichen ward und von dem ein Quantum etwa gleich einem achtel Liter jede Lampe des heiligen Leuchters im salomonischen Tempel die ganze Nacht hindurch genährt haben soll. Es wurde aus noch unreifen Früchten des königlichen, dem Weinstock gleichgeschätzten Oelbaumes gepresst, während fleischige überreife Oliven schlechtere Producte geben.

Gasbeleuchtung engeren Sinnes setzt voraus, dass die Herstellung der Brenngase nicht, wie an Kerzen und Lampen, unmittelbar an der Verbrauchstelle geschieht, sondern in besondren Vorrichtungen oder Anstalten, von denen aus das fertige Gas in Röhren dorthin strömt, wo es austretend entzündet werden soll. Der Engländer Clayton beobachtete 1739, dass bei der Destillation der Steinkohlen eine Luftart entstehe, welche an einem brennenden Körper Feuer fängt. Er kam indess nicht über gelegentliche Versuche hinaus. 1786 benützte der französische Ingenieur Lebon das bei der Holzdestillation gewonnene Gas zur Speisung einer Lampe, welche zugleich Licht und Wärme verbreiten sollte, und machte darauf aufmerksam, dass man zu gleichem Zweck die Steinkohlen brauchen könne. Doch erst 1806 wurde in Manchester und Soho die Gaserzeugung so vervollkommnet, dass Fabriken, später Städte damit erleuchtet werden konnten. Von da verbreitete sich die neue Methode rasch fast über die ganze civilisirte Erde, in seiner allgemeinen und besondren Anwendung einen leuchtenden Boten des Fortschrittes darstellend, den nur bornirte Aengstlichkeit zurückweist.

§. 403. Die Beleuchtungsfrage ist von hervorragender socialer Wichtigkeit. Man bedenke nur, welch ungeheures Quantum von Arbeitskraft verloren ginge, wenn man genöthigt wäre, die Beschäftigung auf die Stunden mit Tageslicht zu beschränken; nicht nur fielen direct die namhaften Leistungen aus, welche die Dämmerungs- und Nachtzeit gebiert, sondern indirect brächte auch der durch die häufige Unterbrechung herbeigeführte Verlust an Zeit und Kraft grossen Nachtheil. Dazu kommt der öffentliche Verkehr, die Sicherheit der Person und des Eigenthumes, die Sittlichkeit.

Anderseits steht die Sache auch zu physiologischen und hygienischen Interessen in Beziehung. Man kann fragen, ob und in wie fern die Gesundheit durch die künstliche Beleuchtung beeinflusst wird. Natürlich handelt es sich dabei zunächst um geschlossene Räume, denn die Erhellung der Strassen und Plätze wird in der Regel kaum den allgemeinen Stand des öffentlichen Wohlbefindens bedrohen, es müsste denn sein, dass man die auf Brunnen, Keller, vielleicht selbst

unter ungünstigen Terrainverhältnissen auf enge Plätze, Höfe oder Gässchen mit stagnirender Luft schädlich einwirkenden Gasausströmungen aus undichten Leitungsröhren heranziehen wollte.

Nicht jedes in einem Zimmer durch ausströmendes Leuchtgas verursachte Unglück braucht auf die direct daselbst verlaufenden oder mündenden Leitungsröhren bezogen zu werden, sondern ist auch oft herzuleiten von undichten Stellen in benachbarten Räumen oder unter der Erde, von wo aus die giftigen Gase nur zu leicht Wege in bewohnte Stätten finden. In letzterer Hinsicht kann sogar die an sich gute absichtliche oder öfter zufällige Adspirationsventilirung zu gefährlichen Strömungen Anlass geben, indem solche aus dem Untergrund durch die stets mehr oder weniger porösen Häuserfundamente angesogen werden. — In diesem Sinne empfiehlt mit Recht Pettenkofer eine allgemeine Luftdrainage des Bodens, welche nebenbei auch im Interesse der Pflanzen läge. Längst vermuthete man, dass städtische Alleebäume weniger durch die unter Umständen allerdings auch schädliche, doch nur local die Blätter und Zweige verdorrende Hitze der Gasflammen, als von subterranen Ausströmmungen litten, unter deren giftigem Einfluss die Wurzeln kränkeln oder absterben, und zu deren Beseitigung Jürgens vorschlug, die Gasröhren mit weiteren Hohlkanälen zu umgeben, welche ober den Flammen mündend einen Luftzug unterhalten. Durch Boehm ist nun direct nachgewiesen, dass von Pflanzen (Fuchsia und Salvia), zu deren Wurzeln durch ein Loch im Topfboden binnen einer Minute 35—40 Leuchtgasblasen traten, nach vier Monaten die meisten abgestorben waren, dass in Erde, durch welche man 28 Monate lang täglich während 2—3 Stunden Leuchtgas geleitet hatte, eingesäete Keime abfaulten, nachdem sie sich nur sehr niedrig entwickelt hatten, und dass von Dracaena unter gleichen Verhältnissen innerhalb 19 Tagen die Blätter vertroknet, sowie die Wurzeln abgestorben waren. — Ueber den Einfluss der Beleuchtung auf die Luft abgeschlossener Räume wurden in Erlangen Versuche angestellt. Beim Brennen einer Gasflamme = 10,5 Normalstearinkerzen, wovon vier aufs Pfund gehen, betrug der Kohlensäuregehalt der Luft 3 per mille und nach 48 Minuten unter Verbrauch von 4c' Gas doppelt so viel. Petroleum, mit einer Leuchtkraft = 3,5 Normalkerzen gab eine geringere, Rüböl, in einer Moderateurlampe brennend, gleich 4,5 Kerzen leuchtend, eine noch kleinere Luftverderbniss, nämlich nur halbsoviel Kohlensäure, als beim Leuchtgas aufgetreten war. Wenn die Berechnung auf gleichen Verbrauch von je 100 cubm. und für gleiche Lichtstärke = 10 Normalflammen gestellt wird, bewirkt Petroleum die stärkste, Gas mittlere, Oel die geringste Schwängerung der Luft mit Kohlensäure, welche schon bei 1,8 p. m. Gehalt nebst den mehr untergeordneten, doch nicht irrelevanten übrigen Verbrennungsproducten wie Kohlenoxyd, Kohlen-

wasserstoff, schwefelige Säure die eingeathmete Luft höchst unangenehm und bei längerem ausschliesslichem Verbrauch gesundheitwidrig erscheinen lässt. —

Näher berührt uns der Einfluss der künstlichen Beleuchtung auf die *Augen*. Ob die grellere Helligkeit, welche seit Einführung der Gasbeleuchtung die Strassen, freilich oft innerhalb bescheidener Grenzen, jedenfalls aber die manchmal blendend ja verschwenderisch erleuchteten Verkaufs-, Schau- und Restaurations-Locale erfüllt, eine Zunahme von Leiden hervorgerufen hat, welche auf zu starke Reizung der Augen zurückführbar sind, ist durch statistische Erhebungen nicht hinlänglich festgestellt, aber zu den Erregungsmitteln, welche dem hastigen rasch-wirkenden und -aufgeriebenen Leben der Gegenwart angemessen sind, gehört auch jene übertriebene Illumination zur Verherrlichung oft sehr unnützer Dinge. Ich will die wie gesagt jetzt factisch kaum entscheidbare Frage nicht weiter ausspinnen und auch nur flüchtig daran denken, wie unter Anderm auf Hautfarbe und Toilette, und wieder mittelbar auf manch wichtiges Moment des socialen Lebens die Intensität der Beleuchtung einwirken kann, sondern lieber die *Anstrengung der Augen* in directem und activem Sinne betonen. Sicher sind anhaltende feine Arbeiten bei künstlicher Beleuchtung sehr gefährdend für das Augenlicht, denn einmal bestehen gegenüber der natürlichen Helligkeit Unterschiede in der Lichtstärke, dann in der Vertheilung des Lichtes, endlich in seiner Zusammensetzung an sich wie hinsichtlich der Verbindung mit Wärme. Auf den ersten Punkt lege ich das geringste Gewicht, nicht etwa weil die betreffenden Differenzen klein und gleichgiltig wären, sondern weil man es doch so ziemlich in seiner Gewalt hat, durch Wahl und Regulirung der Beleuchtungsart den einer bestimmten Arbeit günstigsten Intensitätsgrad der Helligkeit zu erzeugen. Wo dies nicht der Fall wäre, würde natürlich eine zu grelle Bestrahlung ebenso schädlich sein, als eine zu schwache Beleuchtung der Gegenstände. Sehr wichtig ist der zweite der erwähnten Punkte. Das Sonnenlicht wird bei allseitiger Einstrahlung durch die atmosphärische Refraction und Reflexion so gleichmässig verbreitet, dass die Lichtdiffusion zur Tageshelle führt, welche auch im Schatten gut zu sehen erlaubt und um so vieles milder ist, als die directe Bestrahlung, dass fast jegliche Arbeit von dieser zu jener flieht. Keine künstliche Lichtquelle kann bei ihrer, in der indirecten Strahlenverbreitung unverhältnissmässig rasch abfallenden, Schwäche eine solch vortheilhafte Vertheilung der Helligkeit geben, vielmehr treten schroffe Contraste von Licht und Schatten auf, welche dem im weiten Raum herumschauenden und dann zum engen Arbeitskreis zurückkehrenden Auge nicht wohlthätig sind. Zudem steht in der Regel wenigstens die zur Einzelbeschäftigung gewählte Lichtquelle der hauptsächlich zu erhellenden Fläche

zu nah, ja wird wohl, um die von ihr gewährte Beleuchtung möglichst auszunützen, auf Kosten jeder Bequemlichkeit durch besondre Anordnung derselben im Bedürfnissfall ungebührlich angenähert. Hiemit fällt aber die Mehrzahl der Strahlen zu schief auf, um von ihnen die Maximalleistung der optischen Intensität erwarten zu dürfen, welche in Hinsicht dieses geometrischen Verhältnisses von einer, natürlich bloss bei genügender Leuchtkraft zulässigen, hochgestellten Lichtquelle gewährleistet wird. — Endlich besitzen alle künstlichen Lichter nicht entfernt die vollkommene Zusammensetzung aus mannigfaltigen Wellenlängen, wie sie dem Sonnenlicht eigen ist, sondern sind am reichsten an den weniger brechbaren gelben und rothen Strahlen, welche die Netzhaut am meisten reizen. Ueberdies sind viele jener unsichtbaren Schwingungen beigesellt, welche in Form der strahlenden Wärme um so leichter die äusseren Theile des Auges angreifen, und das ganze Organ überhaupt in anfangs mit dem Anlass vorübergehende, bei öfterer Wiederholung indess zu bleibenden Nachtheilen führende Congestionirung versetzen, als meistens die Art der Beschäftigung an sich schon eine ungünstige Haltung des Kopfes und eine verhältnissmässig grosse Augennähe sowohl der Arbeitsobjecte, als der Flamme fordert. — Von den gebräuchlichsten künstlichen Beleuchtungsmaterialien soll die günstigste Farbenzusammensetzung von der Flamme reinen Rüböles geliefert werden, dann vom Solaröl, viel weniger von Petroleum und Leuchtgas (?). —

§. 404. Die physikalische Controll der öffentlichen und privaten Beleuchtung, welche ebenso sehr im hygienischen, als ökonomisch technischen Interesse liegt, kann nur auf Grund einer rationellen Photometrie geschehen. Leider wird diese nie zu der Genauigkeit gelangen, welche auf andren Gebieten der Physik einen Stolz der Wissenschaft bildet, weil einerseits die letzte Entscheidung immer von der subjectiven Empfindlichkeit des beobachtenden Auges abhängt, anderseits nicht einmal eine zweifellose und allzeit sichere Einheit zur Vergleichung der Werthe festgestellt ist. Kerzen bestimmten Materiales und Gewichtes oder Lampen einer gewissen Construction, Grösse und Speisung, in neuerer Zeit möglichst genau regulirte Gasflammen werden in fraglicher Hinsicht zu Grund gelegt, aber zufällige Umstände stören so vielfach die Leistung, dass auf keine Constanz zu rechnen ist und alle auf die Voraussetzung der letzteren basirten Angaben nur als Annäherungswerthe gelten können.

Von den verschiedenen Apparaten und Methoden der Photometrie gewährt die einfachsten, aber auch wenig sichern, Resultate das von Bouguer, Lambert, Rumford mit geringen Modificationen benützte Princip. Von demselben undurchsichtigen meist stabförmigen Gegenstand werden zwei Schatten erzeugt und durch

zwei Lichter beleuchtet, deren Abstände vom Auffangschirm so lang zu wechseln sind, bis beide Schatten gleich hell erscheinen. Die Auswerthung der Beobachtungsdaten geschieht auf Grund des Gesetzes von der Abnahme der Helligkeit mit steigendem Quadrat der Entfernung. — Mehr als dieses Verfahren oder eines der andren, welche einen rein wissenschaftlichen oder sonst bei seiner Specialität hier ausser Betracht fallenden Charakter tragen, kommt Bunsens Angabe in Gebrauch, dass eine ungleich durchsichtige Fläche an allen Stellen gleich hell erscheint, wenn sie von beiden Seiten gleich stark beleuchtet ist, während, wenn von hinten mehr Licht kommt, die besser durchsichtigen, wenn von Vorn mehr auffällt, die Reflexionsfähigeren dichteren Stellen heller erscheinen. In strengerer Analyse theilt Bohn das in Betracht kommende Licht in drei Partien, eine zurückgeworfene, a und α beziehlich für gewöhnliches weisses Papier und für eine darauf mit Stearin eingefettete Stelle, eine durchgelassene: b und β, eine absorbirte: c und γ, welch letzterer Summand natürlich für die sinnenfällige Wirkung verloren geht. Sind i_1 und i_2 die Intensitäten der von Vorn und Hinten den in beschriebener Weise präparirten Schirm bestrahlenden Lichter, so ist die dem an ersterer Stelle postirten Beobachter gewährte Helligkeit

$I_1 = i_1 \times a + i_2 \times b$ auf der unveränderten

$I_2 = i_1 \times \alpha + i_2 \times \beta$ auf der gefetteten Fläche des Papiers.

Nach der einfacheren an die Spitze unsrer Betrachtung gestellten Annahme würde man nun, sobald $I_1 = I_2$ erschiene, schliessen, dass $i_1 = i_2$ sei; dann müsste aber ersichtlich auch $a + b = \alpha + \beta$ sein, und weiters $c = \gamma$ oder c und γ zugleich Null, weil $a + b + c = \alpha + \beta + \gamma = 1$ beidemal die ungetheilte einheitliche Lichtmenge vorstellt. Man sieht jetzt die Untriftigkeit der ursprünglichen Unterstellung darin begründet, dass im Allgemeinen weder $c = \gamma = o$ noch $c = \gamma$ sein wird, wie denn auch in der That die Fettstelle unter factisch gleich starker Beleuchtung des Schirmes von Vorn und Hinten nicht verschwindet, sondern hell auf dunklem Grunde erscheint. Die hierin angedeutete stärkere Lichtabsorption des ungeölten Papieres führt zu den mit einander verketteten mathematischen Ausdrücken: $c > \gamma$, $a + b < \alpha + \beta$, also $I_2 > I_1$ für $i_1 = i_2$ und zur optischen Folgerung, dass unter keinerlei Umständen der Fleck auf beiden Seiten des Schirmes gleichzeitig verschwindet. Danach ist ein sicheres photometrisches Resultat bei unmittelbarer Vergleichung der zu messenden Lichtquellen nicht zu erwarten, sondern nur unter Vermittlung einer möglichst constanten Normalbeleuchtung. Diese bestrahlt von einem innen geschwärzten Kasten aus den dessen Vorderwand bildenden theilweise gefetteten Schirm, vor welchem aussen nacheinander die beiden Lichter l und L so lang ver-

schoben werden, bis beidemal der Fleck verschwindet. Geschieht dies in den Entfernungen d und D, so sind die diesen Entfernungen entsprechenden Leuchtintensitäten der geprüften Lichtquellen nicht mit der Normalflamme, wohl aber unter sich gleich, weil sie auf der Aussenfläche des Schirmes den nämlichen Effect hervorbringen. Zur mathematischen Erledigung des Falles steht aber die leicht verständliche Gleichung $h_l : H_L = d^2 : D^2$. —

Von praktischen Resultaten genügen wenige Angaben. Von Karmarsch und Heren wird die durchschnittliche Helligkeit einer Wachskerze, deren 4 aufs Pfund gehen, gleich 100 gesetzt und in Bezug darauf für Talg (6 aufs Pfund) 81, Stearin (4; 5; 6; 8 aufs Pf.) 98; 92; 89; 82, Wachs (6; 8 aufs Pf.) 92; 83, Wallrat (4; 5; 6 aufs Pf.) 118; 100; 96, Küchenlampe mit $3^1/_2'''$ dickem Docht: 40, Flaschenlampe mit $8^1/_2'''$ dickem Docht: 680 als entsprechende Zahl festgestellt. Da hiebei von der Normalkerze in 100 Stunden 60, von den übrigen Materialien aber in gleicher Zeit beziehlich 61, 68, 65, 63, 59, 55, 49, 66, 59, 55, 48, 294 Loth verzehrt wurden, sind jene Leuchtkraftwerthe auf gleiche Gewichte berechnet: 100. 79,67. 86,47. 84,923. 84,762. 83,39. 100,3. 101,6. 107,27. 101,7. 104,72. 50,625. 138,77. — August Vogel gibt als Leuchtwerthe für Gas: 100, Petroleum: 87, Paraffin: 75, Solaröl: 68, Rapsöl: 63, Talg: 62, Stearin: 60, Wachs: 56. Um demnach unter sonst gleichen Umständen die nämliche Helligkeit zu erzielen, ist für eine gegebene Zeit in Gewichtmengen nöthig vom Leuchtgas 100, Petroleum 114, Paraffin 133, Solaröl 147, Rapsöl 158, Talg 161, Stearin 166, Wachs 178. — Endlich kommt nach Liebig und Steinheil die Leuchtkraft des Münchener Steinkohlengases bei Verbrauch von 4,5c' in der Stunde 10,84 und diejenige des Bayreuther Holzgases 12,92 Normalwachskerzen gleich.

III.

Klima und Wetter.

(Medicinische Meteorologie.)

1. Entwicklung und Aufgabe der medicinischen Meteorologie.

§. 405. Der Organismus besitzt für den Ablauf seiner Lebenserscheinungen einen hohen Grad von Selbständigkeit, ohne jedoch von ihr einen Gebrauch machen zu können, welcher willkürlich und frei vom Einfluss der natürlichen Umgebungen erschiene. Vielmehr ist dieser in die genaue Berechnung jener mitaufgenommen, nicht gerade in versteckter, doch verwickelter Weise, welche überhaupt die Verkettung des allgemeinen Naturlebens mit den organischen Erscheinungen charakterisirt und das Verständniss der letzteren um so mehr erschwert, je weniger klar und tief die ersteren an sich erforscht sind, was für die hier in Betracht kommenden Elemente erst seit so kurzer Zeit ernstlich geschah, dass die Erfolge, zumal in ihren speciell medicinischen Anwendungen noch nicht sehr reichlich sind. Die Wichtigkeit allerdings der meteorisch-klimatischen Verhältnisse, welche dem Wohnort einzelner Menschen und ganzer Völker ein eigenthümliches, an Leib und Seele der Individuen oder doch ihrer schematischen Repräsentanten sich abspiegelndes Gepräge verleihen, ist nie bezweifelt worden, gelangte aber nach der grösseren oder geringeren Geltendmachung der Beziehungen in örtlicher und zeitlicher Hinsicht, wie nach der geistigen Anlage und Richtung der Beobachter nicht immer und überall zu klarem Bewusstsein, oder gar zur Anerkennung als Object besonderer Untersuchungen. Dass diese, selbst in ganz allgemeiner Hinsicht so spät in den Kreis wissenschaftlicher Bestrebungen eintraten, erklärt sich zum Theil vielleicht gerade aus der Allverbreitung und Unentrinnbarkeit ihres Materiales, welches abgesehen von seltenen phänomenalen Ereignissen, deren Verfolgung nie ausblieb, aber fast immer in falscher Richtung verlief, zu gewöhnlich erschien, um das zuvörderst von grossartigeren Fragen beanspruchte Interesse zu erregen und zu fesseln, dann aber auch aus der anscheinenden Regellosigkeit, ja launenhaften Willkür,

welche einer ernsten und sicheren wissenschaftlichen Methodik spottete, solang diese nicht im Besitz der nach Zeit und Ort unendlich vervielfältigten Einzelthatsachen war, denen schliesslich die allein zur Erkenntniss des Bleibenden und Gesetzmässigen führenden Durchschnittwerthe erwachsen.

§. 406. Wenn wir nicht Empedokles eine vielleicht unverdiente Ehre mit Anerkennung der sagenhaften Leistungen erweisen wollen, einen Sumpf bei Selinunt gereinigt, einen Wolkenbruch aufgehalten, oder vielmehr wohl dessen Folgen gemildert, und eine Bergspalte gegen den Scirocco verstopft zu haben, begrüssen wir im Vater der, wenn noch nicht wissenschaftlichen, doch zum Bewusstsein erwachenden Medicin: Hippokrates (460—351 a. C.) auch den ersten Gewährsmann für eine Verbindung derselben mit der Meteorologie. Verfasste er auch die, wenn überhaupt ächte, Schrift: „de aëre, aquis et locis" vermuthlich in jugendlichem Alter, ohne eine weitere Ausführung und tiefere Begründung der ziemlich allgemein gehaltenen Ideen zu versuchen, so verdiente seine Forderung: Quicunque artem medicam integre assequi velit, primum quidem temporum anni rationem habere debet . . . deinde ventorum calidorumque et frigidorum. Quare si quis ad urbem sibi incognitam perveniat, circumspicere oportet ejus situm . . . Terra etiam ipsa consideranda est . . . doch die volle Aufmerksamkeit der Zeitgenossen und Nachfolger, welche indess selbst praktischere, einzelne Fälle betreffende Hinweisungen wenig beachtet oder bald vergessen zu haben scheinen. Darunter ist aus jener altersgrauen Zeit bemerkenswerth die Constatirung der häufigsten Ruhrfälle in gelinden feuchten Wintern, deren meteorologischer Charakter den meisten Constitutionen überhaupt weniger zusage, als frische trockne Luft, ferner die Angabe, dass greller Witterungswechsel zur Krankheitsursache werden könne, in schon ausgebrochenen Leiden aber die kritische Entscheidung störe, endlich die Forderung bei den, Gesunden oder Kranken vorzuschreibenden Leibesauslerungen Klima, Jahreszeit und Witterung zu berücksichtigen. Einer ähnlichen Vorschrift begegnen wir wieder bei Asclepiades (100 a. C.) hinsichtlich des Aderlasses, welcher unter sonst gleichen Umständen in Athen oder Rom schädlich, am Hellespont heilsam sein könne, und bei den Empirikern der späteren griechischen Zeit, welche von den klimatischen Einflüssen örtliche Verschiedenartigkeiten der nämlichen Krankheit herleiteten.

Die Römer, durch Politik, Kriegslust, Handel und Genusssucht weit über die Grenzen des Vaterlandes hinausgelockt und in verhältnissmässig raschem Fluge mit einem grossen Theile unsrer Hemisphäre bekannt werdend, begriffen bei ihrem Scharfblick bald die eigenthümlichen Vorzüge und Nachtheile fremder Klimate. Unter

ihren namhaften Aerzten werden Aretaeus, Celsus und Galen mit absichtlich empfohlenen klimatischen Kuren in Verbindung gebracht. Die beiden ersteren sollen vornehmlich die Seeluft an der Küste oder auf wirklichen Meerfahrten den Lungenkranken heilsam befunden haben, in welcher Hinsicht Euripides auf den Rath ägyptischer Priester der Sage nach an sich selbst ein Heilverfahren erprobte, dessen günstiger Erfolg ihn zum Verse begeisterte:

Θάλασσα κλύζει πάντα τ᾽ανθρώπων κακά (Iphigenia auf Tauris). Claudius Galenus aus Pergamus, 131—200 p. C., seit 164 in Rom als erste medicinische Autorität seiner und einer lang folgenden Zeit anerkannt, gestand der Witterung und den Jahreszeiten eine wesentliche Bedeutung zu für pathologische Indicationen und begründete die therapeutische Verwendung der Höhenklimate, indem Stabiae oder Tabiae (?) das heutige, zuweilen in gleichem Sinne erwähnte Castellamare, nah dem Meere auf einem südöstlich von Neapel hinlaufenden Gebirgskamm gelegen, sich seiner desfallsigen Aufmerksamkeit erfreute. — Derselbe grosse Forscher, welcher die naturwissenschaftliche Richtung einer ganzen Cultur-Epoche repräsentirt, nannte die Aegypter, deren dauerhafte Gesundheit Herodot von der beständigen Witterung ihres Landes herleitet, geschickte Prognostiker, weil sie der Astronomie kundig seien, mit welcher Wissenschaft die hier wichtigere Physik der Atmosphäre und der Erde inbegriffen ist. — Dieses Volkes allerdings in erster Linie religiös-symbolischer Waschungen und Bäder, wie der ähnlichen Uebungen der Juden und der späteren Gewohnheiten der Muhamedaner, deren hygienische Wichtigkeit das Gesetz geheiligt hat, mag hier ebenso nur flüchtig gedacht werden, wie der, mit Veränderung des mythologischen Hintergrundes vom grauen Alterthum bis in diese Tage hereinragenden Tempel- oder Wall-Fahrten, als mehr oder weniger unbewusster Reisekuren, deren oft genug um den Preis der Verdummung oder selbst der Entsittlichung erkauften sanitären Effecte von Bergluft, köstlichem Wasser gewöhnlicher, gut situirter, oder besonders heilkräftiger Quellen und durch günstig gelegene, schädliche Winde, vielleicht sogar Miasmen abhaltende, dafür balsamisch duftende Wälder sicher mehr hervorgerufen sind, als durch Opfer, Gebete und Segenssprüche der Priester des Aesculap wie der christlichen Mönche. Den mystischen Zauberkreis jener durchbrochen, die Medicin von der Theologie getrennt, das Heil der Wissenschaft an Erfahrung und Forschung geknüpft zu haben, ist die geistige Heldenthat des Hippokrates, welche nur dann segensreich fortwirkt, wenn sie immer von Neuem, mit frischer, den veränderten Umständen gewachsener Kraft wiederholt wird — um so mehr, als gerade der angeblich höhere ideale Werth moderner Systeme stolz und ablehnend gegen Naturkräfte sich verhält, deren Zusammenhang mit dem

menschlichen Schicksal die antike Anschauung wenigstens symbolisch würdigte. So erschien den Neu-Platonikern, wie den Phöniziern Aesculap als Sinnbild der gesunden, heilbringenden, von der Sonne (seinem Vater Apollon) durchwärmten Luft; Melampus zu des Kadmos mythischen Zeiten schreibt der Schlange, dem Wappenthier der Medicin, die Verempfindung der Luftbeschaffenheit und der damit in Bezug stehenden Epidemien zu; des Herakles siegreicher Kampf gegen die lernäische Hydra, der Tochter des Typhon und der Echidna, bedeutet in Verbindung mit dem Feuergeschenk des Prometheus die Verbesserung des peloponnesischen Klima oder Verschäuchung der Sumpfluft mittels lodernder Flamme, an deren Stelle später als Widersacher der hellenischen Pest die Luft reinigenden etesischen Winde traten, welche des Aristaeus dem aufgehenden Sirius dargebrachtes Opfer aus Thracien herbeilockte.

§. 407. Perser und Chaldäer beachteten zwar anscheinend die Beziehungen des Organismus und seiner Krankheiten zu allgemeinen Naturkräften und Erscheinungen, doch diese waren weniger tellurischer als kosmischer Art und wurden in jenem Lichte astrologischer Vorurtheile beschaut, welches eher zu blenden, als aufzuklären geeignet ist. So lag die topographische Grundlage ihrer Krankenbeurtheilung in einem willkürlichen Parallelismus zwischen den Gliedern des Körpers und den Bildern des Thierkreises, welcher unter Hinzunahme der angeblich den Kranken zu gut kommenden Dämonenbeschwörungen, selbst wenn diese, wie hinsichtlich der Sonnenstrahlentherapie eines Theosebius auf personificirte Naturkräfte sich bezogen, weder der Medicin noch der Meteorologie zum Heile gereichte. Weil aber der Einfluss mystischer, die Phantasie erregender Lehren und Verfahrungsweisen mächtiger, wenn auch zum Glück des Fortschrittes nicht nachhaltiger, als derjenige verständiger, zu bescheidenen, doch sicheren Erfolgen führender Erwägungen ist, hat die medicinische Magie, welche als eine bedauerliche Ausgeburt und Verirrung der physikalischen Richtung bezeichnet werden kann, nicht nur in Rom eine solche Verbreitung und Anerkennung gefunden, dass Diocletian durch ausdrücklichen Erlass auf harmlose untergeordnete Gegenstände sie verweisen musste, sondern auch in christlichen Kreisen eine zu vielfältigem Gebrauch führende Billigung erfahren, welche nur im Hinblick darauf verständlich wird, dass zahlreiche den letzteren aufgedrungene Traditionen mit den blühendsten Gebilden einer heidnischen Phantasie wetteifern.

Bei derartigen Anschauungen und Bestrebungen, unter denen nüchterne positive Einzelheiten ersticken, wie etwa des Oribasius (unter Kaiser Julian) Empfehlung der südlichen Lage der Wohn-

ungen, als der gesundesten, des Aëtius Anweisung eines kühlen Aufenthaltes für Fiebernde, des Alexander von Tralles Rücksicht auf Wetter und Jahreszeit bei der Krankenbehandlung, musste die Wissenschaft einem schmählichen Rückschritt und allmälig wenigstens als öffentliches Gesammtnationalgut im Abendland einem um die Mitte des fünften Jahrhundert nicht mehr abzuläugnenden gänzlichen Untergang verfallen, welcher von einer langen, fast hoffnungslosen geistigen Nacht gefolgt ward.

Eine allerdings nicht ganz unbedenkliche, doch uns dafür dankbar verpflichteten Epigonen die Continuität der wissenschaftlichen Forschung, mindestens die Empfänglichkeit für ihre Resultate sichernde Freistätte fand sie bei den Arabern, welche indess die hier in Betracht kommende Richtung wenig cultivirten. Ahrun soll aus der Luftconstitution Epidemien vorhergesagt haben; Hhonain proclamirte, doch weniger als meteorologische Factoren, wie als allgemeine Kategorien des sinnlichen Eindruckes und seiner materiellen Grundlagen Trockenheit und Wärme als Hilfsmittel der Verdauung, trockne Kälte für diensam zur Zurückhaltung, Feuchtigkeit zur Austreibung des Körperinhaltes; Rhazes in Bagdad recapitulirt die hippokratischen Ansichten über den Einfluss der Witterung, des Klima und der Jahreszeiten auf die Kranken, denen in der heissen und kalten Zone Aderlässe weniger zuträglich seien, als in der gemässigten; Ali, der Magier, schrieb unter kritischer Betrachtung der von Hellas vererbten klimatischen Lehren eine mit Jahreszeiten und Wetter wechselnde Diätetik vor. Der berühmte 600 Jahre lang allherrschende Avicenna (Ebn Sina) betont den klimatisch verschiedenen Werth der Heilmethoden und warnt während der Dauer bedeutender Temperaturextreme vor wichtigeren arzneilichen Eingriffen. Jshak ben Soleiman will einen Einfluss der Himmelsgegenden auf das Wasser, Messue einen solchen der Standorte auf die Kräfte der Pflanzen erkennen. Avenzoar in Cordova beachtet die hygienischen Schädlichkeiten der Sumpfluft, sucht aber deren nachtheilige Folgen vornehmlich auf psychischem Gebiet in Form der Melancholie; sein bekannterer Schüler Averrhoes, welcher überhaupt die ärztliche Kunst des Individualisirens allgemeiner Wahrheiten in hervorleuchtender Weise begriff und übte, modificirt sorgfältig die therapeutischen Regeln nach klimatischen Indicationen. —

§. 408. Die beklagenswerthe Missachtung physikalischer Studien, ja ihre offene Perhorrescirung währte bis ins vierzehnte Jahrhundert hinein, steigerte sich zeitweise zu einer, den activ Betheiligten zur höchsten Unehre gereichenden, fanatischen Verfolgungswuth gegen verständige Naturbetrachtung und unabhängige Anschauung überhaupt, liess an deren Stelle blinde Unterwürfigkeit unter eine ungeprüfte und

in vielen Stücken ungerechtfertigte Autorität, wie den abenteuerlichsten Wunderglauben in seltsamer Verquickung mit astrologischen Schrullen zur finsteren Herrschaft gelangen und gönnte nur bei ausgezeichneten Gelegenheiten den meteorischen Vorgängen einen selten vorurtheilsfreien Blick. Letzteres ist vornehmlich der Fall bei den furchtbaren Pestepidemien, welche als Geisseln der damaligen Zeit erscheinen und für welche die Chronisten nicht verfehlen, als Vorläufer, Begleiter und Nachfolger des Ausbruches auffällige Himmels- und Luft-Erscheinungen zu registriren, welche zum Theil in das meteorologische Gebiet fallen. — Mit ebensoviel Fleiss als Sachkenntniss hat Prof. Seibel in Dillingen 1857 die grosse Pest zur Zeit Justinians I. im sechsten Jahrhundert behandelt, 1869 in ähnlicher Weise die berüchtigte attische Pest und andre Epidemien jener vorchristlichen Zeit, und dabei völlig vorurtheilsfrei in einer der medicinischen Seite nicht weniger, als der historischen durchaus angemessenen Form quellenmässig einen chronologischen Zusammenhang von Ereignissen nachgewiesen, welche darum allerdings nicht nothwendig im Causalverband stehen müssen, deren rein natürliche gegenseitige Beziehung jedoch unvergleichlich mehr Berechtigung und Wahrscheinlichkeit für sich hat, als die Berufung dämonischer Influenzen oder göttlicher Strafgerichte. — Die kosmische Thatsache dreier Kometenerscheinungen innerhalb 21 Jahren erheischt bloss als äusserliche Merkwürdigkeit eine, den Kern der Frage unberührt lassende, Erwähnung. Mehr Gewicht darf vielleicht den tellurischen Revolutionen beigelegt werden, deren unheimlichen Reigen der Vesuvausbruch von 513 eröffnet. Rhodos, 515, die Westküsten des ägäischen Meeres, 518, der südwestliche Theil der Hämushalbinsel, 522, Anazarbos beim Busen von Issos, 525, die syrische Hauptstadt Antiocheia, 526 und 528, Seleukeia und Daphne, 527, Constantinopel, schwächer 533, stärker 542, 545 und 547, Küsten und Inseln im östlichen Theile des Mittelmeeres, 551, Nikomedia, 554, 557 wieder Byzanz und 560 das kaum erholte Antiocheia, zum Glück diesmal milder, nebst weniger bedeutenden Orten wurden von Erdbeben heimgesucht, welche wohl nicht so sehr direct durch Verbreitung von Asche, Staub, Dünsten und giftigen Gasen, wohl aber mittelbar durch Misswachs, Ueberflutung, Zerstörung menschlicher Wohnstätten und psychische Aufregung an dem entsetzlichen pathologischen Charakter jener Zeit mitgearbeitet haben. — Unter den, uns am meisten interessirenden, atmosphärischen Phänomenen hebt der Autor die seltsame Abnahme und Trübung des Sonnenlichtes hervor, von welcher Prokopios folgende Beschreibung gibt: „die Sonne ward glanzlos wie der Mond und verlor ihren strahlenden Schimmer für das ganze Jahr. Und zumeist sah sie aus wie zur Zeit einer Verfinsterung, indem ihr Licht nicht rein und nicht wie sonst gewöhnlich war.“ — Schnurrer sucht den Anlass der fraglichen Erscheinung

in zahlreichen Sonnenflecken, aber abgesehen davon, dass ein solch massenhaftes Auftreten derselben, wie zur Erklärung einer merklichen Verminderung des Sonnenlichtes angenommen werden müsste, in den Annalen der Astronomie beispiellos dastünde, spricht dagegen auch die angeblich Jahrlange Dauer der theilweisen Verdunkelung, bei welcher also allmälig andre Flächen der rotirenden Sonne der Erde zugewendet wurden, von denen doch kaum eine nahezu gleichmässige Ueberdeckung mit Flecken zulässig erscheint, die sonst immer nur auf einzelne Partien der sichtbaren Scheibe beschränkt zu sein pflegen. Seibel vermuthet dagegen die Ursache in einer Infection der Atmosphäre mit fremdartigen, vielleicht durch Vulkanausbrüche und Erdbeben aufgewirbelten Stoffen von staubiger, nebeliger oder gasiger Beschaffenheit, welche einerseits die optischen Absorptions- und Brechungsverhältnisse der Luft alterirt, anderseits die alltäglichen Erhaltungsmittel des Lebens so verdorben haben können, dass daraus die zu Hungersnoth führende Entartung der Vegetabilien, wie die, auf ungenügende locale Bedingungen der Ernährung hindeutenden, Massenwanderungen der Thiere, hier vornehmlich im Meere, verständlich würden. Obwohl indess nach Seibel „ähnliche Verdunkelungen des Sonnenlichtes mehrmals um die Zeit heftiger Erdbeben und kurz vor dem Ausbruch grosser Epidemien oder gleichzeitig mit diesen vorkamen“, so 262 und 746 p. C. wie zur Zeit des schwarzen Todes, bei welch letzterer jedoch auch greifbarere meteorische Ereignisse: Ueberschwemmungen mit Fluss- und Seewasser, Bergeinstürze, Windstürme erwähnt werden, während hier nur noch eines, sicher unschuldigen, Feuermeteores, und einer bemerkenswertheren grossen, bis zur Versiechung vieler Brunnen anhaltenden Dürre gedacht ist, obwohl ferner die mittelbare Verpestung der Luft mit den Zersetzungsdünsten der jedenfalls hygienisch höchst sorglos behandelten zahllosen menschlichen und thierischen Opfer verbreiteter mehrfacher Umwälzungen der Erdfeste nebst ihren Folgen wahrscheinlich zur Verschlimmerung der ganzen pathischen Signatur der Zeit wesentlich beitrug, obwohl endlich die tellurische Ableitung des Phänomenes, sofern dasselbe mit Entstehung und Verlauf menschlicher Krankheiten in Zusammenhang gebracht wird, viel ansprechender und haltbarer erscheint, als die Herbeiziehung fernliegender kosmischer Momente, dürfte doch nicht zu vergessen sein, dass ähnliche Beeinträchtigungen der Tageshelle auch zu Zeiten und an Orten vorkamen, welche dabei unter keinerlei Epidemie zu leiden hatten. Des Rauches der im nordwestlichen Deutschland systematisch betriebenen Moorbrände Schuld an der gerade die schönsten Sommer- und Herbst-Tage treffenden Verdüsterung ist gegenwärtig fast unbestritten; einen Anlass zu allgemeinen Erkrankungen gegeben zu haben, wirft man ihm jedoch nirgend vor, auch nicht einmal erweislich eine Modification der hygienischen Ver-

hältnisse in besonders ungünstigen Jahrgängen. Denn obschon seit dem Anfang des vorigen Jahrhundert das, gänzlich unbetheiligte Gegenden in Mitleidenschaft ziehende, landwirthschaftliche Verfahren im Frühling und mit geringerer Ausdehnung im Herbst allemal wiederkehrt, hängt doch die intensive und extensive Erstreckung der unliebsamen Folgen von Stärke und mehr oder weniger beharrlicher Richtung der Winde ab. Berüchtigt in dieser Hinsicht ist das meines Wissens von keiner besonderen Volkskrankheit auf den betroffenen Strichen heimgesuchte Jahr 1857. Der Moorrauch erschien am 10. und 11. Mai in Ansbach, am 16., 17., 18. in Hannover, Münster, Gera, Frankfurt, Köln, Bonn, an der Ahr und im Siebengebirg, am 17. und 18. in Wien, am 18. und 19. in Dresden und Bamberg, am 19. in Krakau; zuweilen erreicht er selbst das südliche Europa. Hier treten übrigens auch selbständige trockene Trübungen der Atmosphäre auf, wie deren unter Anderm v. Vivenot aus Palermo mit der ausdrücklichen Bemerkung berichtet, dass hygroskopisch keine Dunstvermehrung nachgewiesen werden kann. In Spanien macht sich desfalls während der heissesten Monate, vornehmlich auf den Ebenen des Quadalquivir und über den Provinzen la Mancha und Almeria die am Horizont rothbraune, im Zenith bleigraue Calina bemerklich, welche das Volk von der (mit dem aufsteigenden Luftstrom den feinen Staub emporhebenden) Hitze herleitet. Aehnlich verhält sich nach d'Abbadie der Quobar Aethiopiens, welcher mit der Wolkenbildung in gar keinem, und mit der Gesundheit indirect nur insofern in Zusammenhang steht, als die mit ihm verbundene Dürre die Schleimhäute der Athmungswerkzeuge austrocknet. Endlich ist an der africanischen Westküste zwischen den Caps Blanco und Bojador die braungelbe Trübung der Luft so regelmässig, dass die Bezeichnung: Dunkelmeer und Nebelstrand für jene Region bleibend geworden ist. — Während bisher ziemlich constante örtliche Vorkommnisse erwähnt worden sind, mag noch der aussergewöhnlichen Lichtarmuth der Jahre 1783 und 1831 mit der Angabe gedacht werden, dass dieselben pestfrei und selbst ohne charakteristische Erscheinung im Bereich der Vegetation verliefen; denn wenn unter der gleichzeitigen Hitze viele Pflanzen in Holland abgestorben sind, erfreute sich dagegen das durchaus gleich betroffene Italien einer vorzüglichen Ernte. Der das ganze Himmels-Gewölbe überziehende Dunst war nach van Swinden, Senebier, Brandes, Kämtz (E. E. Schmid Lehrbuch der Meteorologie, 1860) „so dicht, dass man die Sonne am Horizont gar nicht, in grösserer Höhe als eine rothe glanzlose Scheibe sah.“ In Kopenhagen war er mit heiterem, über England mit regnerischem Wetter verknüpft. Europa bedeckte er ganz, von Asien den östlichen, von Africa den nördlichen Theil; auch über den atlantischen Ocean erstreckte er sich bis 50 Meilen weit von der Küste ab und selbst Höhen von 10000′ verschonte

er nicht, obschon er sich anderswo nur auf 2400′ erhob. — Am 3. August 1831 wurde nach Arago ein starker Höhenrauch zuerst an der Küste von Africa gesehen, am 9. in Odessa, am 10. in einem grossen Theil von Frankreich, am 15. bei New-York; er war so dicht, dass die Sonne ohne Gefahr mit freien Augen betrachtet werden konnte; seine Farbe zog je nach der Oertlichkeit mehr ins Blaue oder Grüne; des Nachts soll er, zumal über Sibirien, in Berlin und Genua schwach geleuchtet, wenigstens die sonst eintretende völlige Verfinsterung gehindert haben. Dies erinnert an Humboldt's leuchtenden Nebel, und kann, wenn nicht die Zurückwerfung des diffusen Erdlichtes für genügend erachtet wird, auf elektrische Processe bezogen werden, an welche man auch gegenüber dem zuvor erwähnten Ereigniss von 1783 häufig gedacht hat, besser aber mit Schmid die Aufmerksamkeit einem, vielleicht durch die damaligen Erschütterungen Unteritaliens und Islands verbreiteten Staube zugewendet hätte, von welchem nur auffällt, dass ihn zu Franecker sogar ein heftiger binnen einer halben Stunde die ungewöhnliche Regenhöhe von 20‴ gebender Guss nicht aus der Luft auszuwaschen vermochte. —

Wenn hiemit einerseits Nichts behauptet sein soll, als dass örtlich und zeitlich sehr bedeutende Lufttrübungen vorkamen, ohne mit einer Pest in Verbindung zu stehen, anderseits aber zahlreiche Epidemien wenigstens wenn erlaubt ist, modernere Krankheitsformen mit jenem Würgengel vergangener Geschlechter zu vergleichen, ohne alle meteorische Abnormitäten verliefen, so soll die Möglichkeit eines Causalzusammenhanges der betreffenden Ereignisse um so weniger in unbescheidene Abrede gestellt werden, als Seibel, mit Recht seine Hauptaufgabe darin erkennend, „das Thatsächliche mit besonderer Berücksichtigung des chronologischen Momentes kritisch festzustellen“ bezüglich der daran geknüpften medicinischen oder naturwissenschaftlichen Hypothese sich sehr vorsichtig ausdrückt, und insbesondre für die Herbeiziehung einer mitwirkenden vulkanischen Thätigkeit des Erdinnern in ähnlichen Vermuthungen der erwähnten meteorologischen Autorität eine Stütze findet. —

Im weiteren Verlauf seiner Schrift kommt Seibel hinsichtlich der Pestverbreitung noch einmal auf die mit ihr Hand in Hand gehenden atmosphärischen Verhältnisse in den Worten zurück: „Es war die Luft selbst, welche, schon vor dem Auftreten des grossen Sterbens durch jene furchtbaren physischen Revolutionen in ihren Bestandtheilen alterirt und mit schädlichen Stoffen versetzt, während der Herrschaft desselben aber durch die Ausdünstungen der massenhaft Erkrankten und zuletzt der unbestatteten oder kaum bestatteten Leichen mit neuen Miasmen vergiftet, den Samen des Verderbens in sich trug.“ —

Von andrer Seite wird mehrmaliges Erdbeben und halbjähriger

fast ununterbrochener Regen mit der Pest von 1384, anhaltender, von schwülen Gewittern nicht aufgehellter Nebel mit derjenigen von 1564, welche indess anderwärts unter der besten Witterung wüthete, grosse, von fortwährendem Südwind unterhaltene Nässe mit der Skorbutepidemie von 1562, und mit dem, in andren Jahrgängen jedoch gerade während trockenen Sommers regierenden, englischen Schweiss von 1528, feuchter Sumpfnebel und greller Temperaturwechsel des nasskalten Juni und des heissen Juli 1510 mit Keuchhusten, die verdorbene, aus dem Erdcentrum hervorkommende, im Frühling unter Mitwirkung der Sonne das Wachsthum der Pflanzen fördernde, durch Regen und Wind aber eine Gesundheitwidrige Beschaffenheit annehmende Salpeterluft mit dem Londoner Fleckfieber von 1665, die an vielen Orten Europas im vorigen Jahrhundert mehrmal wiederkehrende Influenzaepidemie mit kalten Ostwinden in Zusamenhang gebracht. — In all diesen und andren Fällen kam es aber, wie oben erwähnt, nur in Rücksicht aussergewöhnlicher Anlässe zu schnell ermattenden meteorologischen Anläufen, deren zuweilen nicht unbedenkliche oder geradezu irrthümliche Richtung indess immer noch lobenswerther erscheint, als der weit häufigere Versuch, planetarische Constellationen, Mondphasen und andre astronomische Phänomene für den Krankheitsgenius der Zeit oder des Ortes verantwortlich zu machen. — Ohne auf die sowohl unsrem Zweck als der Entwicklung der Wissenschaft fernliegenden Besonderheiten solcher Art einzugehen, bemerke ich bloss, dass nach öfterer Zurückdrängung der astrologischen Phantasmen durch nüchterne Erwägungen und Untersuchungen der bekannte unauslöschliche dämonische Zug im Menschenherzen von Zeit zu Zeit immer wieder die ersteren erweckte, ja dass selbst im nämlichen Individuum oft genug jener Kampf zwischen wissenschaftlicher Forschung und verrücktem Mysticismus hin und herwogte, welcher in Paracelsus seinen merkwürdigsten und für den medicinischen Fortschritt folgenreichsten, theils anziehenden, theils widerlichen Ausdruck fand. Er weiss der Luft keine andre Rolle zuzuschreiben, als den Ausfluss der Gestirne der menschlichen Lebenskraft zu übermitteln; der ihm Geistes verwandte, freilich nicht ebenbürtige Thurneisen würdigt Wasser, Flüsse und Quellen nur hinsichtlich ihrer astrologischen Bezüge der Betrachtung, und für Gerard Dorn hat der die Grundlagen der Meteoration hinstellende Schöpfungsact: „Gott schied die Wasser über dem Festen von den Wassern unter dem Festen“ nur als Basis alchymistischer Auslegungen eine Bedeutung. — Leider ist auch in andren Schulen, zu andren Zeiten und Orten die phantastische Neigung, welche offenbar einen Ersatz für das dunkle Bestreben einer wirklichen Verbindung der Medicin mit dem allgemeinen Naturleben bildet, lieber cultivirt worden, als die verständige Forschung, deren Mahnrufe wenig Beachtung fanden. Wenn 1684 Gastaldi sich zur Freiheit des Geistes

erhob, den Einfluss der Gestirne auszuschliessen, dafür den Scirocco und die Dünste der Maremmen einer Gesundheitwidrigen Einwirkung zu beschuldigen, wurde schon wenige Jahre danach in den massgebenden Kreisen eine Mondfinsterniss allen atmosphärischen Vorgängen an Wichtigkeit weit vorangestellt, 1738 eine nervös-faulige Epidemie in Andalusien von der gleichzeitigen Kometenerscheinung hergeleitet, und noch viel später mitten unter den Strahlen der modernen Aufklärung die medicinische Wirksamkeit in der Constellation von Sonne und Mond wie in der allgemeinen Gravitation des Weltsystemes begründet gesehen, oder die elektrische Ladung der Erde und der Luft als Anlass der pathologischen Constitutionen durch die antagonistischen Beziehungen zu den Planeten bedingt erachtet. —

Solche oder ähnliche Ansichten und Aeusserungen, mit denen sich praktisch gar nichts anfangen lässt, sind selbst in Angelegenheiten, für welche doch das die Hauptsache ist, während die höchste theoretische Beruhigung, selbst wenn sie wirklich und zweifellos eine solche wäre, ein unbefriedigender Erfolg genannt werden muss, immer und überall des Beifalles sicher, ja selbst einer systematischen Ausbildung, welche der Erforschung und Würdigung meteorisch-klimatischer Thatsachen bis in die neueste Zeit herein so entschieden versagt blieb, dass alle vorher zu Tag geförderten einschlägigen Besonderheiten nur eine vereinzelte und vorübergehende Bedeutung erringen konnten. Doch ist immerhin bemerkenswerth, dass schon in der Mitte des siebzehnten Jahrhundert die meteorologisch-specifischen Krankheiten der Tropen, vornehmlich in Batavia und Brasilien durch Bontius und Piso bearbeitet wurden, und 1690 Ramazini die Feuchtigkeit des Bodens mit den Wechselfiebern in Beziehung brachte während ziemlich gleichzeitig anhaltende rauhe Nordwinde als Anlässe von Entzündungen und Rheumatismen gelten. Im Beginn des vorigen Säculums werden anlässlich einer Pest zu Wien von Peima die epidemiologischen Einflüsse der Wärme und des Luftdruckes besprochen und der messenden Verfolgung werth gehalten. 1749 behandelt Malouin den hygienischen Einfluss der Friedhöfe auf die Atmosphäre, speciell die Entstehung von Krankheiten beim Oeffnen der Grüfte, was zu jener Zeit in einer spanischen Stadt eine Epidemie zur Folge gehabt hatte; 1759 erwies Hillary das Gelbfieber als einheimisch in den feuchtheissen Niederungen Südamerikas; 1760 legt Stork in seinen Versuchen über den Schierling Gewicht auf den Standort, als bestimmend für die Eigenschaften der Pflanzen, deren Physiologie vorher durch die klassischen Arbeiten von Stephan Hales über die Säftebewegung (übersetzt 1748 durch Wolf) eine namhafte Förderung erfahren hatte, und deren Abhängigkeit vom, mit Tages- und Jahreszeiten variirenden, Sonnenlicht Senebier 1782 con-

statirte; 1799 endlich gab Struve die erste allgemeine Gesundheitslehre heraus, in welcher die meteorologischen Elemente nicht wohl ganz fehlen durften. —

§. 409. Das gegenwärtige Jahrhundert, welches in wissenschaftlicher Hinsicht überhaupt vorwiegend als dasjenige der Naturforschung bezeichnet werden kann, liess die Aufmerksamkeit und den Fleiss der Gelehrten auch dem meteorologischen Felde nicht fehlen, dessen gründliche Bebauung und vielseitige Durchforschung bald zahlreiche Wege öffnete, welche in das anscheinend fremdartige Gebiet der Medicin hinüberleiteten. Neben vereinzelten Bestrebungen und Angaben ist schon das erste Decennium durch zwei grössere einschlägige Werke ausgezeichnet: Penada, osservazioni mdc. pratt. meteorlge. und Charassieu d'Audebert, des inondations d'hiver et d'été ou traitè spe. de l'humitè par rapport a l'homme et aux animaux, Paris 1806.

Einfälle, welche um diese Zeit das sonst aus Europa verwiesene Gelbfieber machte, insbesondre in Spanien, dann 1804 in Livorno, gaben zu speciellen medicinisch-meteorologischen Untersuchungen Anlass, deren geringfügige Resultate darauf hinausliefen, dass im Winter einige Gewitter, im Sommer aber mehrere Frosttage vorgekommen waren, und zu deren werthloser Ergänzung man sich nicht enthalten konnte, ein paar zufällige, zum Theil jedenfalls übertriebene meteorische Erscheinungen am Himmel herbeizurufen. Auch die noch aus dem vorigen Jahrhundert herübergekommenen Influenzaepidemien wirkten in obigem Sinne anregend, obschon ein sicherer Zusammenhang der Erkrankungen mit bestimmten Witterungsverhältnissen nirgend erkenntlich ward. In Russland ging dem Ausbruch ein kalter feuchter Sommer voran, dann folgte ein ziemlich langer Herbst, vom ersten December an aber ein strenger Winter mit Seewinden und Nebel. In Italien dagegen, wo die Hauptepidemie auf 1802 fiel, kam nach einem sehr heissen trocknen Sommer ein nasser Herbst und ein veränderlicher Winter. Endlich musste die schlimmste und räthselhafteste der modernen Seuchen, die Cholera, um so mehr zu klimatischen Studien einladen, als einerseits ihre ostindische Heimath eigentümliche hygienische Einwirkungen der Atmosphäre und des Bodens geltend macht, anderseits ihre heftigsten Ausbrüche mehrmals vorkamen, wenn in der sonst trocknen Jahresperiode starke Regen fielen, dann grosse Hitze und Dürre bis zum plötzlichen Eintritt erneuerter Niederschläge und gewaltiger Ueberschwemmungen folgte. Dagegen haben Wetter und Klima auf ihre einmal irgendwo eingenistete Herrschaft so wenig Einfluss, dass weder die Winterkälte, noch angeblich Luft reinigende Gewitter, noch mehr oder weniger reichliches Ozon dieselbe gänzlich zu brechen vermochten, und desshalb die Aufmerksamkeit von den indirect hiebei mannigfach geför-

derten meteorologischen Forschungen mehr den Schwankungen des Grundwassers sich zuwandte. Darauf ist hier nicht näher einzugehen, und betreffs andrer Einzelheiten aus den früheren Jahrzehnten unsres Säculums genügt die, mehr beispielsweise, als Vollständigkeit erstrebende Erwähnung, dass nach mehreren desfallsigen Anläufen aufs Neue wieder 1812 mit besonderer Energie Hopf gegenüber den naturphilosophischen Phrasen über das Wechselfieber als beziehlich überwiegende Expansion und Contraction der Lebenskraft die ätiologische Unerlässlichkeit der Sumpfluft urgirte, dass die ungewöhnliche Sommerhitze von 1820 von Einigen für die vorwaltende Krankheitsdisposition verantwortlich gemacht wurde, während Andre mit Hildenbrand an der Spitze die im Herbst eintretende Umänderung des pathologischen Charakters nicht der Abnahme der Temperatur, sondern der Sonnenfinsterniss vom 7. September zuschrieben, überhaupt die Verfinsterungen des Mondes und der Sonne, man weiss nicht recht unmittelbar, oder wegen etwaiger meteorischer Folgen in der Atmosphäre für Ursachen einer jeweiligen epidemischen Constitution hielten, auch gelegentlich der Verwandlung eines asthenisch-nervösen Krankheitsgenius in einen entzündlichen im strengen Winter 1823 auf die durchaus ähnliche Wirkung der totalen Mondfinsterniss von 1811 hinwiesen, dass ferner die viel weniger nachtheilige Einwirkung von Ueberschwemmungen und Misswachs auf typhöse Fieber, (deren günstige Beeinflussung durch bewegte frische Luft in den vorangegangenen Kriegsjahren erkannt worden war), als dies 1770 in Deutschland der Fall gewesen sein soll, der Häufigkeit reinigender und erfrischender Gewitter verdankt werden wollte, dass endlich von endemischen Kindbettfiebern in Schottland während der Jahre 1822/3 in trockner Zeit Ab-, bei kaltem feuchtem Wetter Zunahme, und zwar in geradem Verhältniss zur Regenmenge constatirt wurde, und dass 1828 Johnson den Einfluss des Tropenklima auf europäische Constitutionen untersuchte und schilderte. —

Mit der Mitte des Jahrhundert war vornehmlich durch die Anregung v. Humboldt's und die organisatorische Thätigkeit Dove's unter praktischer Mitwirkung zahlloser Gelehrten und Dilettanten der Beobachtung die allgemeine Meteorologie auf eine so hohe Stufe hinsichtlich der Kenntniss einzelner Thatsachen, wie der theoretischen Begründung gehoben, und zugleich durch verständige, naturwissenschaftlich gebildete Aerzte die Theilnahme für die Anwendung jener Forschungsresultate auf medicinische Fragen so erweitert worden, dass eine neue glücklichere Epoche für Bestrebungen beginnt, denen jetzt erst ein selbständiger, bald auch in systematischem Aufbau ausgeprägter Charakter zugesprochen werden kann. Wenn bis dahin die Armuth und Nebensächlichkeit, so ist gegenwärtig fast schon die Fülle einschlägiger Beiträge die Hauptschwierigkeit für eine zusammen-

hängende Darstellung einer wissenschaftlichen Entwicklung, innerhalb deren bei aller Anerkennung allgemeiner Wichtigkeit nicht immer im Besondren eine vollkommen gerechte Abwägung der einzelnen, grossentheils noch im Fluss befindlichen Leistungen möglich ist. Will man vollständig sämmtliche Arbeiten auf klimatisch-meteorologischem und geographisch-physikalischem Felde überblicken, selbst wenn dieselben mit medicinischen Interessen bloss in jenem allgemeinen Bezug stehen, welcher nach allen naturwissenschaftlichen Richtungen hin nachgewiesen werden kann, so ist in den seit Anfang der sechziger Jahre von Zeit zu Zeit Schmidt's medicinischen Jahrbüchern einverleibten Berichten von Prof. Richter in Dresden ein so umfangreiches und detaillirtes Material zu finden, dass neben dem immensen Fleisse der Ansammlung nur die, Anordnung wie Beurtheilung beherrschende, Sachkenntniss des Referenten zu gleich grosser Bewunderung hinreissen kann. Möge er gestatten, dass ich die Resultate eigener literarischer Erfahrung aus seinen historischen Uebersichten ergänze. —

Einen „ersten Versuch, die physikalische Geographie mit der Physiologie und Heilkunde zu verbinden", macht 1853 Mühry in den zu Leipzig erschienenen klimatologischen Untersuchungen in Bezug auf Gesundheitsverhältnisse, woraus folgende Angaben hier am Platze scheinen. — Allgemein meteorologische Bedingungen der localen Salubrität, welche stets nur relativen partiellen Werth hat, sind stetige mässige Luftwärme, trockner Boden und mittlere Feuchtigkeit der Atmosphäre, wogegen die übrigen Elemente von geringerer hygienischer Bedeutung sind oder doch ihre etwaigen Einflüsse verborgener halten. Für die Morbilität, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen in jedem Lande eine bestimmte Regelmässigkeit zeigt, ist wieder die Temperatur in erster Linie massgebend. Die Krankheiten, soweit sie von ihr oder ihren Schwankungen zum Theil abhängen, treten in gleichförmigen Jahreszeitlichen Fluctuationen oder irregulär vagirend auf. In besonderem Zusammenhang mit der Wärme steht die Malaria, deren Verbreitungsbezirk auf der nördlichen Hemisphäre die Isotherme + 5° C., auf der südlichen diejenige von + 20° C. (?) begrenzt, wenigstens sofern es sich um wirkliche Endemien handelt, denn sporadische Fälle, ja selbst zeitweise Epidemien gehen viel weiter. — Es mag hier gleich erwähnt werden, dass über diese Krankheit in geographisch-klimatischer Hinsicht viele, noch zur Stunde nicht völlig beigelegte, Streitfragen schwebten. Während die, an Anhängern und an positiven Gründen, mithin auch an Aussichten auf definitive Bewährung reichste, miasmatische Schule so wesentlich an der ätiologischen Bedeutung paludöser Zersetzungs-Producte festhält, dass selbst die eklatantesten Ausnahmsfälle nicht zu besonderen Erklärungsversuchen, sondern nur

zur Bemühung veranlassen, die als unerlässlich erachtete Ursache in secundärer oder mittelbarer Wirksamkeit aufzufinden, wie denn Stamm die Wechselfieber anscheinend völlig trockner Orte, beispielsweise bei Korinth, an das Grundwasser oder an die Herbeiführung der Dünste aus entlegenen Sümpfen durch die Winde bindet, welche umgekehrt an sich bedenkliche Orte von Miasmen reinigen können, und Friedmann den stellenweise später verloren gegangenen Schutz südbayerischer Orte berichtet, welche ursprünglich durch Wälder von benachbarten Sümpfen geschieden waren, wird von anderer Seite jedes specifisch-pathologische Erzeugniss von Seite der letzteren geläugnet und auschliesslich an meteorische Vorgänge appellirt. In diesem Sinne will Armand in Algerien gefunden haben, dass dessen Fieber, bis zum Mai in den ärgsten Sumpfregionen unbekannt, erst vom grellen Wechsel der heissen Tagesinsolation und der kältenden Nachtausstrahlung hervorgerufen würden. Die thermalen, elektrischen, hygroskopischen Einflüsse der klimatisch excessiven Atmosphäre seien es, welche die gesunde Widerstandskraft des Organismus brechen oder schwächen, zu dessen hygienischen Gunsten die, dennoch empfohlene, Entsumpfung nur diätetisch oder symptomatisch, nicht aber specifisch entgiftend wirke. Auch Burdel behauptet: „Le miasme palustre n'est qu'un ensemble de divers phenomènes meteorologiques". Darunter wird die Einwirkung der Sonnenhitze am höchsten angeschlagen, eine bedeutende nächtliche Bodenausstrahlung aber als gesund erhaltender Factor der schlimmsten Sumpfstrecken hingestellt. Diesen günstigen sanitären Einfluss der Wärmestrahlung zur Nachtzeit gibt Jourdanet zu, aber nur insofern, als die niedere Temperatur die paludöse Zersetzung und die wesentlich an sie gebundene Erzeugung der Malaria sistire oder doch verzögere. In diesem meteorologischen Vorgang liege das Heil von Mexico, welches im Ganzen auffallend fieberfrei sei, trotzdem dass starke Sonnenhitze, häufige Abwechselung von Regen und Verdunstung, Ueberschwemmung und Austrocknung, Mischung von Süss- und Seewasser, enorme Verwesungsprocesse thierischer Leichen anscheinend höchst gefährliche miasmatische Entwicklungsgrundlagen darbieten. Die Schädlichkeit der Sonnenhitze ist übrigens nicht unbestritten, vielmehr wird gerade sie für fähig gehalten, durch Ozonbildung das Sumpfmiasma zu zerstören, welches in der Abendkühle und an trüben Tagen seine bedenklichsten Einwirkungen setze. Schliesslich ist bemerkenswerth, dass Friedmann für die mit der Wärme gesteigerte Uebergabe zersetzter paludöser Materien an die Luftfeuchtigkeit weniger das örtliche Jahresmittel der Temperatur, als die, wenn auch kurz dauernden, excessiven Grade derselben für massgebend erachtet. —

Kehren wir wieder zu Mühry's Werk zurück, so finden wir für die, von Einigen gänzlich mit Unrecht mit der Malaria in ein geo-

graphisch-klimatisch ausschliessendes Verhältniss gebrachte, Phthise Verbreitungsgrenzen mit der vertikalen Erhebung angenommen, welche in Südamerika vielfach bestätigt, in den europäischen Gebirgen selbst im therapeutischen oder prophylaktischen Sinne verwerthet, doch auch wieder schweren Zweifeln begegnen, und keinesfalls von absoluter Bedeutung sein dürften. — Im allgemeinen Interesse der orographischen Meteoration und Morbilitätsconstitution wird der Temperatur, der atmosphärischen Feuchtigkeit und der Evaporationskraft, deren hoher Werth auf den wasserärmsten Gipfeln die Organismen durch übermässige und beschleunigte Austroknung schädigt, zwar nicht die ausschliessliche, doch die mitwirkende Bestimmung der Hauptkrankheiten in den einzelnen Erhebungsstufen vindicirt, deren absoluter vertikaler Abstand vom Seespiegel natürlich von der geographischen Breite abhängt. —

In einem um mehrere Jahre später gebrachten Supplement zur Klimatographie begründet derselbe Autor den medicinisch wichtigen Begriff der thermischen Aequabilität und Variabilität. Unter Berücksichtigung der regelmässig periodischen, hauptsächlich von der Sonne bedingten Fluctuationen und der irregulären besonders durch Wind und Wolken hervorgebrachten Undulationen der Wärme findet man einerseits excessive und limitirte, anderseits äquable und variable, von letzteren wieder breit-, frequent-, und rasch-variable Klimate, deren verschiedenartiger Charakter für den Kranken nicht gleichgiltig sein kann, welcher im Allgemeinen von der als limitirt und breitvariabel bezeichneten Qualification den grössten Vortheil ziehen wird. —

Der Gewinn aus solchen Untersuchungen für die medicinische Topographie schien ihr auch aus einer zu wenig beachteten Arbeit Lachmann's zu erblühen, die festzustellen sucht, welche Menge jährlicher Wärme und Kälte, sowie in welcher Vertheilung sie rechtmässiger Weise gewissen Gegenden zukomme. Während weder die astronomische, noch selbst die meteorologische Eintheilung der Jahreszeiten ein richtiges Bild vom wahren Wärmegang innerhalb der gemässigten Zone liefert, berechnet er zur Gewinnung eines solchen die Tages- dann die Pentaden-Temperaturmittel und ordnet die 73 letzteren Werthe in acht Gruppen; die hiemit gegebenen thermischen oder klimatischen Jahreszeiten sind im Verhältniss ihrer Durchschnitttemperatur zu der das wahre Ortsmittel ausdrückenden Eteomesotherme charakterisirt. Der Frühling umfasst die thermischen Grade von der Hälfte bis zur Einheit des letzteren Werthes, der Vorsommer diejenigen zwischen 1 und $1^1/_2$, der Sommer die positiven maxima, welche beispielsweise für Paris innerhalb 105 Tagen 19.25° C betragen, der Nachsommer besteht aus den Pentaden mit $1^1/_2$ — 1 des Jahresmittel, auf den Herbst kommen

die Werthe 1—$^1/_2$, den Vorwinter $^1/_2$—0, den Nachwinter 0—$^1/_2$, während dem zwischen beide letzteren Perioden fallenden Winter die negativen Temperatur-Extreme angehören, die Qualification: negativ in dem Sinne verstanden, dass das mehrfach erwähnte Ortsmittel den Durchgangs- oder localen und künstlichen Nullpunkt bildet. — Die die gewöhnliche Vierzahl übersteigende Unterabtheilung der Jahreszeiten findet in den factischen Verhältnissen der gemässigten Zone eine entschiedene Begründung, verschärft die bestimmte Charakterisirung der wirklich zusammengehörigen meteorologischen Zeitabschnitte, und soll selbst Voraussagungen ihrer gegenseitigen Einflüsse ermöglichen, welche dem, die bestehende und kommende Witterung nicht gänzlich ausser Ansatz lassenden, Arzte von grosser Wichtigkeit sein müssten, zuvörderst indess vom vorsichtigen Autor nicht weiter ausgedehnt werden, als auf eine Beziehung der drei Winter-Epochen zu folgendem Frühling und Vorsommer, wie auf die Erwartung eines der meteorischen Qualification des Vorsommers entgegengesetzten Nachsommers. —

In der ausgesprochenen Absicht, die Meteorologie (unter Berücksichtigung der Lehre vom Kosmos) zur Medicin und allgemeinen Gesundheitslehre in Beziehung zu setzen, veröffentlichte in demselben Decennium Foissac ein in Frankreich mit officiellem Beifall begrüsstes Werk, welches Emsmann (Leipzig 1859) in einer mit Anmerkungen vermehrten Uebersetzung den Deutschen zugänglich machte, deren eigene Leistungen im Original fast gänzlich vernachlässigt sind. — Nachdem in einer Einleitung unter Berufung auf des Celsus Ausspruch: „Ista naturae rerum contemplatio quamvis non faciat medicum, aptiorem tamen medicinae reddit“ die Meteorologie mit den verwandten Disciplinen der ärztlichen Aufmerksamkeit empfohlen ist, wird im ersten Abschnitt: Ueber die Imponderabilien dem Lichte im Allgemeinen, den leuchtenden Meteoren, der Einwirkung des Lichtes auf unorganische Substanzen, wie organische Wesen, ausser der angeblich durch Lichtmangel verlangsamten Metamorphose der Kaulquappe nur in Rücksicht der Pflanzen, der Wärme, unter deren Rubrik Buffon's Bemerkung Platz findet, dass jedes Licht- und Feuer-Atom hinreiche, um mehrere Atome der Luft, der Erde und des Wassers unter Hervorrufung aktiven Lebens zu durchdringen, der Elektricität, besonders der atmosphärischen, dem Gewitter, durch die Arago unter den nämlichen Umständen den einen Menschen je nach seiner individuellen Constitution mehr als den andren gefährdet hielt (?), der Ableitung des Blitzes, der thierischen Elektricität in physiologischer und therapeutischer Hinsicht, endlich dem Magnetismus eine die specifisch meteorologischen Grenzen oft weit überschreitende Darstellung gewidmet. Neben vielen unter völlig fremdartige Gesichtspunkte fallenden Eigenschaften und

28 *

Anwendungen der Magnete wird die Fabel berichtet, dass die Tragkraft eines solchen während einer Cholera-Epidemie von 80 auf 13 Pfd. gefallen, später aber wieder zu 60 gestiegen sei. Auch die elektrische Ladung der Luft habe, als die Cholera 1849 in Brüssel herrschte, eine Verminderung erfahren, ferner hätte zu solcher Zeit der elektromagnetische Telegraph häufig seine Dienste versagt; in Moskau sei das Jahr 1847, dessen Frühlingsanfang durch heftige Gewitter ausgezeichnet war, frei von Cholera geblieben, mit ihr aber 1848 heimgesucht worden, wo jene elektrischen Entladungen an der Grenze zweier Jahreszeiten fehlten; endlich ward die Petersburger Cholera-Epidemie, während welcher die Magnetnadel fortwährend schwankte, durch ein heftiges Gewitter vom 5. auf den 6. Juni beendet. Solche, wenn auch, was leicht möglich wäre, an Zahl noch vermehrte Thatsachen werden den vorsichtigen Leser doch kaum bestimmen, dem Fourcault'schen Versuch, die Cholera vom gestörten Gleichgewicht der atmosphärischen Elektricität und des Erdmagnetismus herzuleiten, wobei die lebenden Wesen einen Theil ihrer Elektricität verlieren und desshalb schädlichen Einflüssen nicht mehr kräftig genug widerstehen können, grösseren Beifall zu schenken, als Arago's berechtigten Zweifeln. Ebenso wenig ansprechend ist die von Pallas in Algier aufgestellte Analogie zwischen Sumpf und galvanischer Säule nebst dem daran geknüpften Rath, zum Schutz gegen die Dünste jenes sich elektrisch zu isoliren, Turley's Erklärung der bei Hitze eintretenden Atonie aus der gegenüber der Winterluft mehr als zehnfach verminderten elektrischen Spannung der sommerlichen Atmosphäre, und die einem Nachtgewitter zugeschriebene Verschlimmerung der Verwundeten vom Juli 1848. — Das Schlusskapitel dieses Theiles über die Atomistik fällt ganz ausserhalb unsrer Betrachtung. — Der zweite Abschnitt behandelt das Wasser nach seiner Qualität, Temperatur, der geographischen Vertheilung in Quellen, Flüssen, Seen, Meeren, seinen Strömungen wie Anhäufungen als Polar-Eis, und seiner Phosphorescenz. Bemerkenswerth ist daraus des Hippokrates Beurtheilung der Quellen nach den Himmelsgegenden, worunter die östliche jenen die besten Eigenschaften verleihe, des Makrobius (Saturnalium VII.) Zurückführung einer Erklärung für die Unzuträglichkeit des aus Schnee geschmolzenen Trinkwassers durch den mangelnden Luftgehalt auf Aristoteles, und Boussingault's Angabe, dass ein Quart Wasser am Meeresspiegel 40, zu Bogota 8400′ hoch nur $13^3/_4$ Theile Luft einschliesse. — Der dritte Abschnitt ist der Atmosphäre gewidmet, ihrer Zusammensetzung und Schwere, den regulären und zufälligen Schwankungen des Luftdruckes, seinem Einfluss auf den Menschen. Die Abhängigkeit der Bergkrankheit mehr von der Elasticitätsverringerung als von der Sauerstoffverminderung, die Verlangsamung der Pulsschläge in

verdichteter Luft (Pravaz u. Tabarie: um $^2/_5$), die atmosphärische Aequilibrirung der Arthrodien (Guerin), die Beförderung der organischen Absorptions-Phänomene durch den Luftdruck, Saucerotte's Heilung der auf den Vogesen entstandenen Mutterflüsse im Thale, das relative Wohlbefinden nervöser Individuen unter niedrem Luftdruck kommt hier neben Andrem zur Erwähnung und Beschreibung, welche sich dann den Winden, Wasserhosen und Stürmen, wie der Bedeutung der ersteren für die Gesundheit zuwendet; deren Erhaltung durch aktive und passive Bewegung, die angebliche Erholung der Wechselfieberkranken bei Harmattan, die Verbreitung des Gelbfiebers mit der Windrichtung (Chervin) und der Pest mit dem Chamsin, die von Clot-Bey behauptete Zunahme tödtlicher Krankheitsausgänge bei Süd-, Abnahme bei Nordwinden gelangen vornehmlich zur Sprache. — Nach einer Excursion ins Bereich der akustischen Luftschwingungen folgt die wichtige Untersuchung der Hydrometeore. Dass der Wasserdunst, den organischen Zerfall begünstigend, zur Miasmenbildung beitrage, grosse Trockenheit Erschlaffung, Entzündung und Nervenaufregung, übermässige Feuchtigkeit dagegen Skrofeln und Rheumatismen hervorrufe oder wenigstens verschlimmere, dass die Hautausdünstung vom atmosphärischen Wassergehalt beeinflusst wird, wäre einer weiteren Ausführung werth gewesen, als die ziemlich allgemein gehaltene Darstellung von Schnee, Hagel, welcher nach Buch in Gegenden mit endemischem Cretinismus fehlen soll, Regen nebst seinen farbigen Modifikationen, Nebel von gewöhnlicher und trockener Beschaffenheit, Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteoren. Vom letzteren Thema ist nur ein kleiner Schritt ins kosmische Gebiet, aus welchem denn auch der Einfluss der Mondphasen und andrer Schicksale dieses, mit Ausnahme der Meergezeiten, an irdischen Ereignissen wohl höchst unschuldigen Trabanten auf Atmosphäre, Pflanzenreich und Menschenleben mit einer gewissen, uns jedoch nicht zur Nachfolge verlockenden, liebevollen Aufmerksamkeit herbeigezogen ist. — Die in vierter Linie durchgeführte Wärmelehre verbreitet sich über die Erdtemperatur, die Sonne als Wärmequelle, die horizontale und vertikale Wärmeverbreitung nebst den vorkommenden Abnormitäten, den Einfluss von Grösse, Gestalt und Stellung der Continente auf die Temperaturverhältnisse der Länder und Orte, extreme Fälle von Hitze und Kälte, wobei beispielsweise erwähnt ist, dass binnen zwei Junitagen in Calcutta 1100 Menschen durch Trockenheit und Hitze hingerafft wurden, am 22. Juni 1853 aber in New-York 24 Menschen dem Sonnenstich erlagen, sowie dass leicht Starrkrampf durch grelle Temperatursprünge hervorgerufen wird, endlich über die Wärmedifferenzen beider Hemisphären und an verschiedenen Regionen der Erde überhaupt. — Das fünfte und letzte Kapitel verfolgt die klimatischen Veränderungen der Erdoberfläche; antediluvianische und

historische Umwälzungen, geologische Ursachen meteorischer Modifikationen, ungewöhnliche Witterungszustände alter und neuer Zeit, der Einfluss der Bodenbeschaffenheit und seiner Kultur, insbesondre der Bewaldung, welcher Arago nur geringe vitale Wichtigkeit beilegte, werden der Reihe nach besprochen. Zur Unterstützung dient unter Anderm Buffon's Autorität, wonach der Mensch die Macht besitze, dem allmäligen Kälterwerden der Erde entgegenzuwirken und ein Klima wärmer zu machen; dies geschehe durch Ausrodung der Wälder, Eindämmung der Flüsse und Bodenkultur, wobei noch die Bewegung und Lebensthätigkeit der vielen Menschen und Thiere in Betracht komme. — Zum Schluss werden die klimatischen Erscheinungen organischer Wesen, die Specialklimate Frankreichs und seiner Nachbarländer, des antiken und modernen Italiens, endlich Nord-Amerikas berücksichtigt. — Die etwas umfangreiche Berichterstattung über das, dem inneren Werthe nach keineswegs absolut mustergiltige Werk geschah vornehmlich in der Erwägung, dass es wenigstens der Zeit nach an der Spitze specifisch medicinischer Arbeiten über Meteorologie steht und deshalb ebensosehr auf billige Beurtheilung als genaue Verfolgung des Untersuchungsganges einiges Recht hat.

Während in den zuletzt genannten Darstellungen das Hauptgewicht auf die meteorologische Seite gelegt ist, tritt in den beiden nächsten Schriften die medicinische in den Vordergrund. — Haller's statistischer Versuch über den Zusammenhang der (Volks-) Krankheiten mit der Witterung führt zu Resultaten, welche zwar zunächst in Wien gesammelt sind, aber wegen der Lage dieser Stadt, wie des reichlichen Materiales ziemlich allgemeine Giltigkeit für Mittel-Europa haben dürften. Danach werden Lungenentzündungen von niedrer Temperatur begünstigt, herrschen also im Winter vor, steigen bis April und Mai, sinken dann bis zu dem in August und September fallenden Minimum; trockne Kälte bei Nord- und Nordwestwinden sind für sie von grösstem Nachtheil. Katarrh der Athmungsorgane ist zwischen Januar und März am häufigsten, erreicht im Herbst ein Minimum und zeigt einige Uebereinstimmung des Verlaufes mit der Curve des atmosphärischen Ozongehaltes. Die Zahl der der Lungentuberkulose Erliegenden steigt von Winter-Anfang bis Mai hin, erfährt im Sommer eine Abnahme und ist im Herbst am kleinsten. Bluthusten hat sein Maximum im April oder Mai, ein relatives im August. Magenkatarrhe treten am spärlichsten auf im November, Januar und Februar, am häufigsten im Juli und August. Darmkatarrhe steigen an Zahl von Juni bis August, nehmen dann langsam ab, und werden in der kalten Jahreszeit am seltensten. Ruhr verhält sich ähnlich, pflegt aber im September und October

noch einen hohen Stand zu haben oder gar erst den höchsten zu erreichen. Cholera erscheint epidemisch vornehmlich im Sommer und Herbst, erlischt meist im Winter oder nimmt wenigstens einen milderen Charakter an; Frühling und Vorsommer sehen oft einzelne Fälle als Vorboten einer Sommer-Epidemie erscheinen; Luftdruck und Ozon zeigen dabei keinen merklichen Einfluss. Scorbut ist im Winter selten, erscheint im Frühling, steigt bis in den Sommer, um von August an rasch zum December-Minimum herabzugehen; von erweislicher Wichtigkeit ist die Luftfeuchtigkeit, welche in einzelnen nassen Jahren sein Auftreten mehrt. Wechselfieber erfährt die Hauptsteigerung von März bis Mai, eine kleinere im Herbst, den niedersten Stand im Februar. Typhus erlischt nie ganz, epidemisirt jedoch am liebsten im Winter, nachdem er kurz zuvor im November auf dem Minimum verweilt, im September aber eine leichte Steigerung der sommerlichen Fälle erfahren hatte; die Typhuscurve gleicht derjenigen des mittleren Luftdruckes, was vielleicht ein zufälliger Ausdruck zu wenig zahlreicher Fälle, möglicher Weise aber ein Reflex ist von dem offenbar mit der atmosphärischen Pressung in Zusammenhang stehenden subterranen Gang der Bodenluft und des Grundwassers; (hierauf hat neuerdings Vogt in Bern hingewiesen; bei abnehmendem Luftdruck treten mehr Gase aus dem, in geradem Verhältniss zur Unsauberkeit, Porosität und tiefen Grundwasserlage gefährlicheren, Boden, deren inficirende Aufnahme durch die Lunge eine 1000mal grössere Wahrscheinlichkeit für sich hat, als die Typhus-Genese durch Vermittlung des Trinkwassers; sehr rasch und namhaft fallender Barometerstand soll selbst unter sonst günstigen Umständen ein explosives Auftreten oder Exacerbiren typhöser Erkrankungen erwarten lassen.) Gicht und Rheumatismus sind vorwiegende Winter- und Frühlingskrankheiten, in welchen Jahreszeiten die sie begünstigenden Schwankungen der Wärme und Feuchtigkeit am grössten sind. Hirnblutungen erscheinen am häufigsten im Frühling und sind im Sommer gefährlicher, als im Winter, indem höhere schnell schwankende Luftwärme sie gleich den Lungenblutungen gern hervorlockt. Wochenbettfieber präponderirt im Winter und Frühling, von April an seltener werdend. Blattern, keinem Monat ganz fehlend, sind doch gewöhnlich in den wärmeren relativ seltener, während die Masern gerade in diesen exacerbiren. —

Der zuweilen wohl zu positiv gehaltene Tenor dieser Mittheilungen wurde von mir desswegen zum Theil beibehalten, zum Theil gewählt, um die Darstellung abzukürzen, aber auch, um die extremste Ansicht über einen wirklichen Zusammenhang zwischen Krankheit und Witterung recht entschieden in die Augen springen zu lassen. Dieser Eindruck muss nun allerdings abgeschwächt werden, wenn aus

ferneren Kreisen und weiteren Zeiträumen die zahllosen Ausnahmen in Betracht kommen, welche sowohl die Allgemeingiltigkeit scheinbar wohlbegründeter, doch immerhin vereinzelter Thatsachen, als die Richtigkeit theoretischer Annahmen über die natürlichen Bedingungen der Gesundheit und Krankheit in Frage stellen. Oesterlen's, in eine etwas spätere Zeit (1865) fallende, umfassenderen Zwecken dienende, mithin hier nur kurz berührte, medicinische Statistik bringt hiefür sprechende Belege, welche um so glaubwürdiger erscheinen, als es auch an einzelnen Bestätigungen der meteorologischen Krankheitslehre nicht fehlt. So wird statistisch belegt das maximum der Todesfälle durch Phthisis der Lungen im Frühling, das minimum im Herbst, ebenso für Skrophulose und Skorbut; die umgekehrte Anordnung für Darmtuberkulose und Typhus, welcher zum Winter hin noch mehr steigt; die Coincidenz der schlimmsten und häufigsten Malariafälle mit feuchtwarmen Orten und Zeiten; das maximum der Blattern im Winter, wie das der Masern im Frühling, während Scharlach zu allen Jahreszeiten gleich häufig erscheint; ein winterliches maximum der Nervenleiden und Kreislaufstörungen, besonders aber der Krankheiten der Athmungsorgane, unter denen insbesondre Pneumonie, an sich zwar in den verschiedenartigsten Klimaten und bei jedem Wetter möglich, wie tödtlich, häufiger wird mit dem Sinken der mittleren Jahreswärme, und zur Grösse der Temperaturschwankungen in Proportion steht; das Ansteigen der Magen- und Darmbeschwerden mit der Jahres- und Ortswärme; die Herrschaft der Ruhr während der tropischen Regenzeit und im Spätsommer der gemässigten Zone; das in Sommer und Herbst häufigste Epidemisiren der Cholera; die fast sprüchwörtliche Bösartigkeit der Leberleiden in heissen Gegenden und Zeiten; die Begünstigung des Diabetes in feuchter Kälte; die relative Häufigkeit der Nierensteine im gemässigten Klima; die Frequenz der Rheumatismen im Winter, doch auch die Schwere desfallsiger Anfälle, denen Europäer in den Tropen ausgesetzt sind; die überwiegende Häufung von Gichtanfällen in Frühling und Herbst, sowie innerhalb der gemässigten Zone; ein maximum der meisten Hautkrankheiten im Winter, ein minimum im Sommer; die grösste Gefährdung des Lebens durch senilen Marasmus während des Winters; die höhere Bedenklichkeit des delirium tremens in der Hitze der Tropen, wie des Sommers. Dem gegenüber aber sprechen Werthe von mindestens gleich grosser statistischer Begründung für gänzlich mangelnden oder fast verschwindenden Einfluss der verschiedensten Witterungseigenthümlichkeiten auf günstige oder tödtliche Ausgänge charakteristischer Krankheiten. So waren von 84 Monaten mit einem das barometrische Ortsmittel übersteigenden Luftdruck 36 mit mehr 48 mit weniger Todesfällen an Lungenphthise betroffen, als die Durchschnittzahl letzterer Vorkommnisse erwarten liess, während unter 24 Monaten mit vermindertem Ba-

rometerstand 14 verhältnissmäsig zu viele, 10 zu wenige Opfer der Tuberkulose erhielten. Ferner gab ein abnorm kalter Winter mit dem Temperaturmittel — 3.65° C ebensoviele Sterbfälle an Phthise, als ein milder Winter mit + 1.75° C, und unter ganz gleichen Wärmeverhältnissen starben in der nämlichen Zeit einmal 345, das andremal 284. Auch Schwankungen der Temperatur, verschiedene Grade der Luftfeuchtigkeit, welche Casper innerhalb mässiger Grenzen für vortheilhaft hält, weil wenigstens im Winter und Herbst anhaltende Trockenheit die Zahl der Todesfälle erheblich steigere, Richtung und Stärke der Winde sollen den Verlauf der Phthise nicht namhaft alteriren. Dies mag für Fälle, welche gewissermassen im Stadium der Verzweiflung sich befinden, so dass für sie die Ausführung des schon feststehenden Urtheilspruches nur eine Frage der Zeit ist, seine Richtigkeit haben, nicht weil die meteorischen Einflüsse absolut wirkungslos wären, sondern weil der unerbittliche Gang der pathologischen Ereignisse sich schon zu tief den organischen Bahnen eingeprägt hat, um durch beliebige äussere Momente aufgehalten oder auch nur abgeleitet und gemildert zu werden. Dagegen dürfte es genug Fälle geben, deren weiteres Schicksal doch nicht so ganz von Wind und Wetter unabhängig ist, welche also nicht auf die Zahl der Todesfälle, wohl aber für die frühere pathologische Entwicklung einflussreich sein können. Mutatis mutandis gilt diese Bemerkung wohl auch für andre Beispiele. — An Typhoid starben innerhalb 82 Monaten mit erhöhtem Luftdruck in 40 mehr, in 42 weniger, als durchschnittlich, innerhalb 24 Monaten mit vermindertem Barometerstand in 8 zu viel, in 16 zu wenig; endlich haben hoher Luftdruck, Trockenheit und kalter Wind nachweislich nicht den an sich höchst plausiblen Einfluss auf Entzündungen, denn unter 79 Monaten mit vermehrtem Luftdruck hatten 34 mehr, 45 weniger Todesfälle an solchen, als deren Durchschnittslethalität verspricht; unter 23 Monaten mit niedrem Luftdruck wird in 10 die Durchschnittzahl der Todesfälle überstiegen, in 13 nicht erreicht; ferner kommen auf den Winter 1832 mit kleinen Barometerschwankungen fast genau ebensoviele tödliche Ausgänge inflammatorischer Zustände, als auf 1836 mit grossen Variationen des Luftdruckes; in den vier kältesten Wintern geht die Zahl der Todesfälle ebenso oft über als unter das Mittel, wie in den vier wärmsten; Unbeständigkeit wie Constanz der Temperatur, vorwaltende Feuchtigkeit wie Trockne zeigen annähernd gleiche Resultate und selbst in 18 Monaten mit den schädlichst erachteten Winden: NE, N, NW stieg die Zahl der lethalen Ausgänge nur 4 mal über das Mittel. — In der That ist nie zu vergessen, dass in unsrem complicirten socialen Leben der Zusammenhang mit der Natur höchlich gelockert, und, soweit dies überhaupt möglich, durch erkünstelte Beziehungen ersetzt ist. In solch einem an sich schon nicht mehr völlig gesunden Zustand der

Organismen treten die normalen Einflüsse weit zurück gegen diejenigen der Nahrung, Wohnung und Kleidung, der Arbeit, der gesellschaftlichen Gewohnheiten und Genüsse; mindestens werden jene durch diese so sehr verhüllt und modificirt, dass eine reine Darlegung von Ursache und Wirkung selbst dem sorgsamsten Studium bloss in relativem Sinne möglich ist, welcher nur äusserst vorsichtig erweitert und nie absolut verallgemeinert werden darf. Natürlich sollen damit medicinisch-meteorologische Regeln nicht ganz perhorrescirt werden, aber wenn etwa ziemlich übereinstimmend zugestanden wird, dass in der warmen Jahreszeit Kühle und Wechsel der Witterung besser vertragen wird, als anhaltende hohe Hitze, in der kalten dagegen dauernde Kälte besser, als häufiges Schwanken der Temperaturen und Niederschlagsformen, dass die Extreme grosser Hitze und Kälte in näherem Verhältniss zu pathologischen Katastrophen stehen als die Mittelwerthe der Wärme, dass vor Epidemien eine ungewöhnliche Stagnation der Witterung die vitalen Kräfte erschlaffte, muss man sich vor blinder Annahme verbreiteter Meinungen hüten, welche bald nur durch das traditionelle Alter geheiligt bald vom Nimbus einer Autorität umstrahlt nicht immer die vor praktischer Verwerthung dem gewissenhaften Arzte nothwendig erscheinende Prüfung bestehen. So geht das nicht bloss in poetischem, sondern auch hygienischem Sinne hellschallende Lob des Frühlings bis auf Hippokrates zurück, welchem folgend Celsus jene Jahreszeit saluberrimum et minime exitiale (per autumnum morbi acutissimi et exotiosissimi omnino) erklärt; und doch ist unverkennbar, dass, wie nach Dove's ebenso wahren als schönen Worten die Erde im Herbst ruhig und sanft einschlummert, um im Frühling fieberhaft und erregt zu erwachen, so in medicinischer Hinsicht jene an sich in der Regel angenehme mit den beständigsten meteorischen Elementen ausgestattete Jahreszeit den Menschen nach einer Periode der verhältnissmässig mildesten wenig Ansprüche an seine Widerstandkraft erhebenden Einflüsse ungeschwächt und leistungsfähig vorfindet, während derselbe beim Eintritt des in den wichtigsten Witterungs-Faktoren vielfach schwankenden Frühlings von dem harten Kampfe mit den Unbilden des rauhen ungestümen Winters erschöpft und erregbar sich trotz der jährlichen Wiederholung relativ neuen Eindrücken gegenübergestellt sieht, denen der ihren romantischen Werth bedingende Gegensatz mit dem vorausgegangenen Witterungscharakter gerade ihre hygienische Gefährlichkeit aufprägt. Erfahrungsgemäss herrscht denn auch fast überall die grösste Sterblichkeit im Frühling, nachdem das Maximum der Morbilität im Winter vorangelaufen war. —

Eine weitere beachtenswerthe Schrift vom Ende der fünfziger Jahre ist Fuchs' Ableitung epidemischer Krankheiten von allgemein natürlichen, besonders meteorologischen Ver-

hältnissen, dem Thatbestande nach etwas verfrüht, vielleicht in voller Schärfe überhaupt nie möglich, doch jedenfalls besser und der Theilnahme würdiger, als die gewissen Kreisen zur traditionalen Gewohnheit gewordene Neigung zu mystischen oder religiösen Motivirungen einer allgemeinen Calamität. — Auf das ätiologische Moment anhaltender Kälte, deren kürzere intensive Grade locale Frostschäden und schlimmsten Falles den, wie es scheint in der Regel sehr ungünstige, besonders durch Entbehrung, Ermüdung, Schlaf, Alkoholmissbrauch herabgesetzte Bedingungen der subjektiven Reaktionsfähigkeit, voraussetzenden Erfrierungstod provociren, werden zurückgeführt Katarrhe, welche in der kalten Zone und auf Höhen 67 pCt. aller Krankheiten bilden, in der gemässigten Breite aber vornehmlich Winterkrankheiten repräsentiren, deren höhere mit grosser Ermattung verbundene Grade der Grippe oder Influenza in Mitteleuropa alle 22, auf Island alle 9, in den Polarländern alle 2—3 Jahre epidemisirend, weniger von der Kälte an sich, als durch deren Schwankungen beim Hereinblasen feuchter Südwinde in die kalte Winterluft begünstigt werden. Unter den Krankheiten der heissen Zone ist charakteristisch: die Ruhr, deren En- und Epidemien am üppigsten sind, wo die Mittelwärme des kühlsten Monates 25.0° C. erreicht, bei tieferem Temperaturstand auf die eine Jahreshälfte sich beschränken, in Deutschland fast immer im Herbst auftreten, in Nordeuropa aber gewöhnlich nur in einzelnen Fällen erscheinen. Das Gelbfieber ist an ein dauernd feucht heisses Klima gebunden, wie in Westindien, wo die Luft bei einer Mittelwärme von 22.5° C. durchweg auf dem hygroskopischen Sättigungspunkt steht, oder doch ihm nah kommt; an anderen tropischen Küsten treffen nur zeitweise die nothwendigen meteorologischen und pathogenetischen Momente zusammen, noch seltener in Europa, höchstens in Sommern mit andauernd grosser Hitze. Pest kommt den trocken heissen Erdstrichen zu, wobei nicht sowohl Regenlosigkeit, als Dampfarmuth der Atmosphäre ins Auge zu fassen ist; das im Juni selten vergeblich erhoffte Erlöschen der egyptischen Pest ist bei fortdauernder Hitze nur der Durchfeuchtung in Folge der Nilüberschwemmung zuzuschreiben. Der, übrigens in hohem Grade vom Wetter unabhängigen Cholera ist am günstigsten Abwechselung grosser Hitze und ungeheurer Regengüsse mit Abkühlung und vollständiger Dürre, zumal über porösem Alluvialboden. Blattern, der ganzen Erde vertraut geworden, haben ihre eigentliche Heimath im südlich der Sahara gelegenen Africa, woselbst sie nur zeitweise der trockene Wüstenwind verscheucht. Wechselfieber fehlen keinem Erdtheil, gedeihen jedoch wirklich endemisch nur innerhalb bestimmter Wärmegrenzen, charakterisirt durch die Isothere 15° C., also auch je nach der geographischen Breite bloss bis zu gewissen Höhen von 600—1000′ in Deutschland, 3000′ in Kleinasien, 4000′ in

Persien, 6000′ in Abyssinien, 8000—10000′ in Peru; die localen Wärmeverhältnisse modificiren ihre Formen, welche in südlicheren Breiten leicht remittirend werden; regnerische Jahrgänge fördern die Verbreitung über Alluvial- und Diluvial-Boden. — Am verwickeltsten und unreinsten sind die eigenthümlichen Krankheiten Europas, weil dieser Erdtheil von allen Klimaten etwas und „das Aprilwetter der Welt" besitzt. Der westliche Theil soll auffallend reich sein an Krankheiten, welche wesentlich mit Eiweiss-Ausscheidungen einhergehen, wie Tuberkeln, Skrofeln, Krebs, denen an der Seeküste 74, weiter landeinwärts 40 pCt. aller Todesfälle zugeschrieben werden; das feuchtwarme Seeklima in Verbindung mit stark proteinhaltiger Nahrung sei als Ursache dieses pathologischen Charakters anzusprechen. Osteuropa mit trockenem Continentalklima erzeugt hämatoseptische Leiden, wie Skorbut und Faulfieber oder Typhus. Angeblich ändert sich in säcularen Perioden die Ausdehnung des überwiegenden Einflusses des einen oder andern der erwähnten klimatischen Charaktere und ihrer pathologischen Consequenzen, was aussergewöhnlich weit verbreitete Epidemien, wie die allgemeine Skorbutdiathese im 15. und 16. Jahrhundert erklären könnte. Erleidet schon hier der bis dahin gewahrte exact physikalische Ton der Untersuchung einen bedenklichen Stoss, so wird die Angabe noch geringeren Beifalles sicher sein, dass die westliche Abweichung der Magnetnadel mit Seeklima und Eiweissübel, die östliche Deklination mit Continentalklima und Hämatosepsis coincidire. Diese in dreifachem Parallelismus einhergehenden Schwankungen sieht der Autor nicht bloss in der Krankheitsanlage, sondern auch in der Geistesrichtung der geschichtlichen Culturvölker wie der jetzt in verschiedenen Ländern wohnenden Nationen wiedergespiegelt. Von intercurrirenden Epidemien zählt er Mumps, Scharlach, Gelbfieber, Cholera, Influenza dem leukomekkritischen, Blattern und Masern dem hämatoseptischen Krankheitscharakter zu. — Ein indirecter Einfluss von Klima und Witterung, nämlich durch das Medium der zur Nahrung bestimmten Erzeugnisse, welche hier wässeriger, indifferenter, geschmackloser, dort aromatischer, hitziger, derber gedeihen, kommt jedenfalls zum Theil auf Rechnung der durch Gewohnheit, doch nicht ganz ohne natürlichen Anlass eingebürgerten Zubereitungsart der Kost. — Im Allgemeinen muss auch da, wo das klimatisch-medicinische Forschungsmaterial in vorwiegend geographischem Sinne gruppirt wird, vor bestimmt formulirten schematischen Regeln gewarnt werden. Angaben einer relativen Häufigkeit remittirender Fieber, Blattern, Darm- und Nervenleiden in den Tropen, dagegen von Athmungskrankheiten, Rheumatismen, Augenleiden, Skorbut, Hautaffectionen, Typhus in der Polar- (und gemässigten) Zone, einer fast bis zur Ausschliessung gehenden Seltenheit zymotischer Erkrankungen und besonders der Tuberkulose auf den Höhen, welche dafür

an Herz- und Respirations-, nervösen und rheumatischen Leiden reich seien, selbst der anscheinend am besten bestätigten localen Beschränkung von Kropf und Cretinismus sind immer mit dem Vorbehalt der Ausnahme zu verstehen. — Dies weiss Niemand besser zu würdigen als die erste Autorität, ja man kann wohl sagen, der Schöpfer einer systematischen historisch-geographischen Pathologie, Prof. Hirsch in Berlin, denn so reich sein desfallsiges klassisches Werk an einzelnen Thatsachen ist und so trefflich dieselben angeordnet sind, vermeidet er doch fast gänzlich Generalisationen, welche in ihrer Bestimmtheit und Abrundung den Wünschen nach einer fertigen Wissenschaft entgegenkommen, aber eben auch wirklich eine solche voraussetzen, während sie ausserdem nur eine illusorische von jedem Fortschritt der Forschung mit Zerstörung bedrohte Befriedigung gewähren. Vielmehr ist es sogar eine Eigenthümlichkeit der exacten Untersuchungen, wie hier eine vorliegt, dass sie lange Zeit herrschend gewesene Theorien und Ueberlieferungen, welche fast einen axiomatischen Charakter angenommen hatten, angreifen, ganz umstürzen, oder doch gründlich reformiren. Nur beispielsweise, zur Bestätigung der durch die wachsende Detailkenntniss eher vermehrten, als gelinderten Unsicherheit im Urtheil über geographisch-klimatische Bedingungen der Krankheiten sei erwähnt, dass im Grossen und Ganzen die besonderen Formen einer Hauptkrankheit allerdings an locale Verbreitungs-Bezirke gebunden sind, so lang nicht die grundliegenden schädlichen Momente auch anderwärts zu ungewohnter Entfaltung gelangen. So sind die einfachen Wechselfieber weitaus die häufigsten auf der ganzen Erde, in der gemässigten Zone jedoch mehr von prolongirtem Typus, in der heisseren von kürzerem; die perniciösesten Formen haben glücklicher Weise die kleinste Verbreitung, besonders in Senegambien, Madagaskar und Algerien, die remittirenden erscheinen als Specialität der westlichen Hemisphäre. Der Zeit nach am meisten gefährdet ist Guinea von Juni bis October, Sierra Leona bei Beginn der Regenperiode, Zangebar mit dem Monsunwechsel, China, wenn mit nachlassendem Regen Kälte herannaht, Bengalen mitten in der Regenzeit, Westindien während Sommer und Herbst, Centralamerika von November bis Mai, Brasilien von April bis Juni, Deutschland in Frühling und Herbst. Pandemien sind fast ausschliesslich nach sehr heissen Sommern ausgebrochen. Heisse Luft und feuchter Boden, sowie organischer Detritus in demselben erscheint überall als massgebendes Moment der Pathogenese, während die andren meteorischen Elemente, insbesondre greller Temperaturwechsel nur in der Weise schädlich wirken, wie überhaupt gegenüber der erhöhten Vulnerabilität Erkrankter der Fall zu sein pflegt. — Gelbfieber, nur in den Tropen zu jeder Jahreszeit möglich, bevorzugt an den südamerikanischen Küsten die Regenzeit, in Nordamerika den Herbst,

scheint ebensowohl durch excessive Hitze (?) als wirklichen Frost ausgeschlossen zu werden, wurde schon öfter durch heftigen Regen in seiner Herrschaft gebrochen, und steht zu den Bewegungen, wie den elektrischen Eigenschaften der Atmosphäre in keinem nachweislichen Bezug. — Die Cholera erleidet keinen Einfluss von Regen, Luftdruck, Wind, und wahrscheinlich ebenso wenig von dem atmosphärischen Ozongehalt; milde Winter überdauert sie, bei strenger Kälte erlosch sie selbst schon in Indien, soll aber freilich 1820 in Moskau auch eine solche von — 20° C. nicht geflohen haben. — Bei der Pest wird das Wehen des Chamsin und der Eintritt der etesischen Winde charakteristisch für Anfang und Ende der Krankheit bezeichnet. — Die eigenthümliche Krankheit der Antillen: Dengue ging nie über die Tropen hinaus und erlosch stets in der Kälte. — Die Unabhängigkeit der Influenza von atmosphärischen Einflüssen erklärte schon 1580 Salius Diversus; in der That erschien sie in der Indusebene bei der grössten Hitze, anderwärts bei feuchtkühler Witterung oder in strenger Kälte. — Der Aussatz oder was ihm an Hautaffektionen verwandt gelten kann, ist vom Klima vollkommen unabhängig, was schon Archigenes weiss. Sein Hauptgebiet ist Africa und Indien; America suchte er erst mit der Negereinfuhr heim; auf Madera herrscht er endemisch, in Ceylon längs der Küsten; in China richtet er ungeheure Verheerungen an; in Australien ist seine Existenz zweifelhaft, sicher erscheint er auf Neuseeland, in Europa nur noch auf den ägäischen Inseln, sehr viel seltener innerhalb des griechischen Festlandes, ferner unter den Kosaken, in den russischen Ostseeprovinzen, auch in Norwegen unter dem Namen: Spedalskhed. Die Lagunen von Ferrara, das Littoral von Nizza, das Sumpfdelta der Rhone, auch einzelne Punkte von Spanien und Portugal lernen ihn zeitweise kennen. — Die an Scheusslichkeit nächststehende Syphilis, welche Paracelsus für ein Product des Aussatzes mit der occulten Potenz der „Cambuca“ erklärt, wird in den Annahmen einer autochthonen Entstehung zurückgeführt auf siderische Einflüsse, Constellationen, anhaltend starke Regen und Ueberschwemmungen, Luftverderbniss, Misserndte und Nahrungsmangel, der nach Bacon's abentheuerlicher Vermuthung zum, hauptsächlich ätiologisch schuldbaren, Genuss von Menschenfleisch verleitete, Sittenlosigkeit und widernatürliche Befriedigung des Geschlechtstriebes. Zur Zeit ist das von rein socialem Standpunkt zu beurtheilende Uebel von Witterung und Klima gänzlich emancipirt; höchstens pflegt der Verlauf in milder feuchter Luft einfacher besser und kürzer zu sein. — Für endemischen Kropf und den damit oft doch keineswegs immer verbundenen Kretinismus bilden tiefe dunkle schlecht ventilirte Thäler den liebsten Aufenthaltort, dessen meteorologische Charakterisirung Saussure versuchte, indem er mittels eines Darmsaitenhygrometers, das am Ofen bei 40° R.

auf 0, im Wasser auf 70° zeigte, den Feuchtigkeitsgehalt der am meisten inficirten Thalsole, an deren höheren und offeneren Punkten die Zahl der Leidenden namhaft abnahm, in der relativ warmen stagnirenden Luft zu mindestens 10° bestimmte. Die von ihm angenommene Erhebungsgrenze von 1000 m. ist entschieden zu niedrig, auch zeigt sich Kropf doch meist ohne Kretinism auf trockenen gut ventilirten Ebenen, wie bei Gerolzhofen, und nur die Seeküsten scheint er zu vermeiden — ob wegen des Jodgehaltes der Atmosphäre, bleibt zur Zeit dahingestellt. Die Skrofulose ist wesentlich eine Krankheit der socialen Zustände und wird von feuchtkaltem veränderlichem Wetter bloss insofern begünstigt, als dabei die Hautthätigkeit leidet. Auch für den Skorbut, der vorzüglich doch nicht ausschliessend der kalten Zone angehört, wirkt jene förderlich, aber nicht erzeugend. Der Gicht, welche an sich keiner klimatischen Besonderheit unterworfen ist, verfallen Menschen leicht, die von südlicheren Breiten in kältere Gegenden kommen, weil die dort ihnen habituell gewordene starke Hautthätigkeit ihren Körper von vielen Schädlichkeiten befreite, welche hier, wo das feuchtkalte wechselnde Wetter die cutane Perspiration stört um so reichlicher als Krankheitstoffe zurückbleiben, je beträchtlichere materielle Anhäufungen eine Luxusconsumtion dem Organismus zuführt. Der Rheumatismus bildet allerdings auf Island 10—12 pCt. der Mortalität, herrscht aber auch im Peloponnes endemisch, ist in Madras äusserst verbreitet, und bildet in Africa neben der Malaria eine der häufigsten Krankheiten; seine allgemeine Auffassung als Erkältungskrankheit scheint Angesichts der zahlreichen Fälle berechtigt, in denen er von grellen Temperaturwechseln hervorgerufen wurde, aber unbedingt provocirend kann die Gelegenheit dazu nicht wirken und es müssen die das Leiden wesentlich begründenden organischen Vorgänge auch durch andre oder in jenem Sinne nach unsren Vorstellungen nur minimal wirksame Reize ausgelöst werden können, denn der Rheumatismus ist in kaltfeuchten Gegenden Nordamerikas weit seltener, als im wärmeren trocknen Westen oder im feuchtwarmen Süden; Heymann fand im Archipel Witterungsverhältnisse ohne jeglichen Einfluss auf Zahl und Schwere der rheumatischen Krankheitsfälle, Brocchi in Sennaar gerade die wenigsten derselben in der Periode der stärksten Temperaturschwankungen, und Deleau in Algerien die meisten beim Wehen des Scirocco. — Beriberi, auf der vorderindischen Küste und Ceylon beheimathet, erscheint am liebsten beim Monsunwechsel unter nach trockner Hitze einfallender feuchter Kälte; auf dem indischen Archipel correspondirt das seltsame Leiden mit heftigen nasskalten Winden und schroffen Temperatursprüngen, ähnlich auf den Molukken, Banca sah es indess schon unter entgegengesetzten Witterungsverhältnissen. — Indem Hirsch auch noch das pathologisch-anatomische Princip der Anord-

nung seines Stoffes unterlegt, gelangt er zu folgenden Hauptergebnissen: die entzündlichen Lungenleiden sind um so häufiger, in je höhere Breiten man kommt und finden ihr Maximum im feuchtkalten Klima mit grellem Temperaturwechsel, während hohe gleichmässige Wärme, niedrer Thaupunkt und vorherrschende Trockenheit der Atmosphäre sie beschränken; übermässiger Ozongehalt der Atmosphäre (überhaupt eine seltene Erscheinung, vielleicht nie und nirgend vollkommen sicher in der hier in Betracht kommenden Höhe nachgewiesen) erscheint als gefährlicher Reiz vulnerabler Athmungsorgane, ruft jedoch schwerlich für sich allein ihre Erkrankung hervor. Pneumonie und Pleuritis sind mehr von den Winden als von der Temperatur abhängig; ohne Aenderung der letzteren steigern anhaltende Nordwinde in Stockholm stets die desfallsigen Erkrankungsfälle. Die Phthisis ist viel mehr Object socialer als meteorologischer Einflüsse; die mittlere Ortstemperatur zeigt keine Beziehung zum Verlauf, welcher in den Tropen oft nicht weniger rasch und schlimm ist, als unter gemässigten Breiten; von grösserer Bedeutung, wenigstens für vorübergehende, gern zu bleibenden Folgen führende, Complicationen werden häufige und bedeutende Variationen der Wärme verbunden mit wechselnden Niederschlagsformen; der Luftdruck an sich erscheint gleichgiltig, doch fand Müller während seines Aufenthaltes auf den Cordilleren dessen Verminderung vortheilhaft für die mechanische Form-Ausgleichung des in Folge von Pleuritis eingesunkenen Thorax. Keuchhusten tritt in wärmeren Gegenden weniger häufig und bösartig auf, doch ist er einmal entwickelt von den Jahreszeiten unabhängig. Für den Croup stellen niedre Temperaturmittel, starke Schwankungen der Luftwärme, Feuchtigkeit der Atmosphäre das günstigste Klima und Wetter dar. Die Ruhr als Hauptrepräsentant der tropischen Krankheits-Constitution steht in meteorisch-pathologischem Gegensatz zur Bronchitis; sie wüthet in ihrer Heimath vornehmlich beim Nachlass der Regenzeit, unsrem Spätsommer und Herbst entsprechend; anhaltend hohe Temperatur mit grellem Umschlag kann veranlassende Bedeutung gewinnen, indem Darmcongestionen dadurch eingeleitet werden; einmal eingetreten dauert die Krankheit ebenso bei feuchtkalter als heisser Witterung aus, erlischt aber fast sicher bei Eintritt wirklichen Frostes. Leber-Abscesse kommen in der heissen Zone primär, in der gemässigten und kalten nur secundär vor; hohe Temperatur macht höhere Ansprüche an das der Gallenabsonderung dienende Organ, dessen Leiden indess nicht in einfachem geraden Verhältniss zur mittleren Ortswärme stehen. Die Krankheiten des Herzens prävaliren auf den Höhen, deren anstrengende Besteigung Erweiterung des Organes veranlassen kann. Die Bright'sche Nieren-Erkrankung kommt primär besonders in feuchtkalten veränderlichen Klimaten vor, fehlt jedoch den Tropen nicht gänzlich. Für Stein-

und Griesbildung wurde sonst feuchte Kälte in Anschuldigung versetzt in der Annahme eines Verhältnisses zwischen Absonderung und Niederschlag des Harnes, dessen Concentration und Hautthätigkeit oder Perspiration; in London freilich klagte man einmal gegentheils die grosse Hitze an, anderwärts das Trinkwasser und die geognostische Bodenbeschaffenheit. Textor scheint zuerst die klimatischen Einflüsse beseitigt zu haben, welche auch jedenfalls von denjenigen der Lebensweise und eigenthümlichen Constitution gänzlich zurückgedrängt werden. Die Zunahme der Hydrocele von der gemässigten durch die subtropische zur tropischen Zone hin, wo sie zumal in Afrika sehr gewöhnlich ist, liesse sich daraus erklären, dass hohe Temperatur und Luftfeuchtigkeit einen mangelhaften Tonus der Gewebe erzeugen, der sie beim geringsten Anlass zur Erschlaffung und Nachgiebigkeit disponirt. An einer relativen Häufigkeit der Nabelbrüche unter den Negern participirt wohl auch dies Moment, während die grosse Zahl solcher und ähnlicher Leiden im Gebirge nicht mit dessen Klima, sondern mit Lasttragen, Körperbewegungen, Kost und Vernachlässigung zusammenhängen. Viele locale Hautaffectionen der Tropen sind weder auf Klima noch Boden, sondern auf gefährliche zudringliche Insecten zurückzuführen, deren zahllose Entstehung und Verbreitung allerdings von meteorischen Elementen abhängt. Die specifisch egyptischen boutons du Nil bedecken zur Zeit der Ueberschwemmung nur die feuchte Haut, während sie bei trockner Hitze und an denen, welche ihre Epidermis fleissig einölen, ausbleiben. Für Elephantiasis bildet hohe Temperatur ein ätiologisches Moment, denn sie geht auf der östlichen Halbkugel nicht über 30, auf der westlichen nicht über 25° nördl. Br. hinauf, und die unter den Tropen von ihr Befallenen erfahren meistens in der gemässigten Zone eine Besserung ihres Leidens, dessen Intensität jedoch nicht in geradem Verhältniss zur mittleren Ortswärme steht; vielmehr wirkt auch starke Luftfeuchtigkeit begünstigend ein und die trockensten Tropen-Gegenden sind fast gänzlich frei davon. Wunden der Haut und Weichtheile heilen in gleichmässig warmem trocknem Klima besser als unter umgekehrten Witterungsverhältnissen, indem dort überhaupt die organische Reproduction gesteigert ist; complicirte Verletzungen dagegen, besonders bei krankhafter innerer Diathese, sind in den Tropen nicht günstig zu prognosticiren, weil sie leicht einen atonischen Charakter annehmen. Für die Rhachitis ist feuchtkaltes ungleiches Wetter, trübe unreine Luft gewiss von Wichtigkeit, mindestens ebenso sehr aber Nahrung und Lebensweise. Die Hysterie, deren reizbare Schwäche entschieden als das missrathene Kind einer äusserlich übertriebenen und falsch geleiteten Cultur erscheint, soll unter sonst gleichen Umständen häufiger in der heissen (und kalten) als in der gemässigten Zone sein; dass Lichteffecte und heisse Winde

sich einflussreich erweisen, ist wohl glaubhaft, da überreizte Nerven die „feinsten meteorologischen Reagentien“ sind. Neuralgien werden von schroffen meteorischen Einwirkungen wohl nur selten hervorgebracht, doch kennt man Fälle heftiger und plötzlicher Affection der Kopfnerven durch Anprall kalten Regens und Windes an die aus dem heissen Zimmer zum Fenster hinausgehaltene Wange, jedenfalls aber in den Paroxysmen gesteigert, weshalb bei uns Frühling und Herbst, anderwärts Anfang und Ende der Regenzeit ihre Hauptsaison bilden. Tetanus ist den Tropen und Subtropen beider Hemisphären fast endemisch, in Europa immer nur vereinzelt, am seltensten, wenn die Temperatur, ob hoch oder niedrig, längere Zeit gleichförmig bleibt, am häufigsten, wenn die Wärme schnell und stark wechselt; so sind in der stürmischen Nacht vom 21. Mai 1813 nach der Schlacht bei Bautzen zehn Verwundete an Tetanus zu Grund gegangen; im italienischen Feldzug trat er häufiger und schlimmer auf, als im Krimkrieg oder in Schleswig-Holstein, während der kurze Feldzug von 1866 und die blutigen Kämpfe des französisch-deutschen Krieges von 1870 verhältnissmässig nicht allzuviele Opfer dem Starrkrampf überantworteten. Der Apoplexie sind starke Wärmeschwankungen förderlich, so dass die Aequinoctialzeit als ihre Saison bezeichnet wird; doch fordert auch der Winter viele Opfer; verhältnissmässig am freisten davon ist Monat August; übrigens war von den beiden Jahren 1798 und 1807, durch je einen sehr kalten Winter und heissen Sommer ausgezeichnet, zu Berlin jedes auffallend reich an apoplectischen Anfällen; auf Höhen über 7000′ kommen dieselben häufig vor, namentlich unter den des Aufenthaltes und der motorischen Anstrengungen Ungewohnten; in Afrika schreibt man dem Chamsin eine provocirende Einwirkung auf dazu geneigte Individuen zu. Eigentlicher Sonnenstich in Folge directer Bestrahlung des Kopfes, welche eine heftige Hirncongestion hervorruft, kommt natürlich in den Tropen am intensivsten und häufigsten, doch auch in heissen Sommern der gemässigten Zone vor. Die oft damit confundirte Solar-Asphyxie ist ein höchst charakteristischer Krankheitszustand, für welchen namhafte Steigerung der Körpertemperatur wesentlich erscheint, welche auch an der Leiche längere Zeit bewahrt bleibt. Von den tropischen Ländern kennt Afrika sie weniger, als Asien, hier aber Indien sehr wohl mit dem Namen looh, heisser Hauch; unter den amerikanischen Staaten ist Mexico am reichsten an derartigen sowohl Menschen, als Thiere betreffenden Ereignissen; leider fehlen sie auch in Europa nicht ganz und zwar haben militärische Kreise das traurige Vorrecht, in ihren hygienischen Annalen solche Fälle als Folgen meteorisch ungünstig situirter Uebungen verzeichnen zu können. Sehr schwüle Tage unmittelbar vor Regen also mit starker wässeriger Sättigung der Atmosphäre sind am gefährlichsten, wonach wohl das Hauptge-

wicht auf die Störung der in die organische Evaporationskraft verlegten Wärme-Regulationen zu werfen sein wird, vielleicht auch auf mechanische Anomalien in den Absorptions- und Diffusionsverhältnissen der Blutgase. In sehr heissen Gegenden, deren trockne und reine Luft eine starke bis zu empfindlicher Kühle führende nächtliche Ausstrahlung gestattet, ist der zeitweise sich erholende Organismus desfalls weit weniger gefährdet, als an feuchtheissen Orten und Zeiten, deren schlimme Einflüsse oft plötzlich durch frischen Wind und Regen zerstreut werden. Die in den letzten Jahrzehnten so berüchtigt gewordene Meningitis cerebrospinalis, deren Symptomen-Complex vor 1839 kaum beachtet wurde, scheint bis jetzt nur der gemässigten und südlicheren kalten Zone eigen geblieben, meist im Winter und Frühling aufgetreten, mit Eintritt milderer Witterung aber zuweilen erloschen zu sein; aus alledem folgt indess gegenüber den viel wichtigeren Momenten der Menschenhäufung, schlechten Lüftung und Nahrung, körperlicher Anstrengung, welche jedoch auch nicht zur Erklärung jedes einzelnen Falles hinreichen, nur ein sehr lockerer Zusammenhang mit Klima und Wetter. —

Ackermann's Schrift: das Wetter und die Krankheiten (Kiel 1854) bringt ausser theoretischen Untersuchungen Tabellen mit Temperatur-, Luftdruck- und Krankheits-Curven für 20 Monate in 4 verschiedenen Jahren, deren Resultate jedoch bloss die Insel Sylt betreffen, also jedenfalls mit Vorsicht zu verallgemeinern sind. Sthenisch-croupöse Pneumonien stiegen mit Zunahme, eitrig zerfliessende, wie gastrisch-typhöse Fieber mit Abnahme der Wärme, welche als einziger Krankheit erzeugender Witterungs-Factor erklärt wird, in Vergleich mit dem andere klimatische Elemente den Einfluss bloss in der Art modificiren können, dass die sonst vielleicht noch hinreichende organische Widerstandkraft überwältigt wird.

Ransome und Vernon: on the influence of atmospheric Changes upon Diseases (Manchester 1861) berichten aus Mortalitäts-Tabellen und Erkrankungs-Listen, welche in Manchester und London geführt worden waren, über die gleichzeitige Herrschaft gewisser Krankheiten und bestimmter Witterung. Danach coincidirt Durchfall mit mittleren Wärmegraden und nimmt mit zunehmender Kälte ab; Ruhr soll weniger mit dem Gang der Temperatur, als mit demjenigen des Luftdruckes einen Zusammenhang zeigen und beim Sinken des letzteren sich mehren, was, wenn überhaupt mehr als zufällig und vereinzelt, wohl mehr auf die Variationen der Feuchtigkeit als auf die damit häufig correspondirenden Schwankungen der Atmosphären-Pressung hinweisen dürfte. Pneumonie wächst und fällt mit der Kälte, ebenso Bronchitis und Catarrh, desgleichen der Masernprocess. Keuchhusten pflegt seine Maxima bei den höchsten Ständen der Kälte wie der Hitze zu erreichen. Scharlach entwickelt sich

gern bei hoher Luftfeuchtigkeit unter schwankendem Barometer. Zymotische Krankheiten zeigen eine ziemlich grosse Unabhängigkeit vom Wetter; nur anhaltende Fieber scheinen in höherer Wärme mehr erhalten und verbreitet zu werden, als in Kälte.

Balley: Meteorologie, Pathogenie et Nosographie (Paris 1863) zum Theil auf Secchi's meteorologische Beobachtungen und die Aufzeichnungen des französischen Militärarztes Mayer gestützt will aus Durchschnittzahlen und graphischen Darstellungen einen zunächst nur für Rom giltigen Causalverband zwischen Witterung und Krankheit darthun. Unter den in höchst verschiedenem Grade pathogenetisch wirksamen Witterungselementen ist die Wärme am einflussreichsten, oder vielmehr ihre Schwankung nach Grad und Schnelligkeit, dann folgt der Luftdruck in Verbindung mit den Winden, an letzter Stelle steht der Regen und die atmosphärische Feuchtigkeit. Die charakteristische Endo-Epidemie Roms, die Malaria, zeigt im Sommer eine ganz bestimmte Zunahme der Herrschaft, im Winter ein relatives Ansteigen in den Civilspitälern. — Im gleichen Jahre stellt Thomas Herbert Barker zu London Krankheitsformen und meteorologische Factoren in folgender Weise zusammen. Häufig bei hohem Barometerstand sind Masern, Scharlach, Catarrh, Influenza, Rose, Ruhr, Typhus, bei niedrem: Wechselfieber und Blattern. Höherer Wärme entsprechen Catarrh, Durchfall, Ruhr, Typhus; niedrer Temperatur: acute Exantheme, Rothlauf, Influenza, Malaria. Nordwind begünstigt Catarrh, Masern und Wechselfieber; West: Scharlach, Durchfall, Influenza, Rothlauf; Süd: Blattern; Ost: Ruhr und Typhus. Zur Ozonanhäufung in der Luft stehen Scharlach und Blattern, zu Ozonverarmung Masern, Rose, Influenza, Wechselfieber, Durchfall, Ruhr, Typhus in anscheinender Beziehung. Mehr noch als diese einen ausgesprochen localen Charakter tragenden Angaben hat die pathologische Classificirung der Jahreszeiten ausschliessliche Bedeutung für England; danach präponderiren im ersten Kalenderquartal Catarrh und Influenza, im zweiten die acuten Exantheme, im dritten Durchfall, im vierten Masern, Catarrh, Influenza, Typhus, Ruhr. — Hieran schliessen sich die Mittheilungen von Bailey in Norfolk, dass im Frühling vorwalten Entzündungen der Athmungswege und Rheumatismen, im Sommer Typhoid, Durchfall, Brechruhr, Rothlauf, im Herbst die nämlichen Krankheiten, dazu Ruhr, Mandelbräune, Darmentzündung, inter- und remittirende Fieber; im Winter: Influenza, Rheumatismus, Brustentzündung, Typhoid (vornehmlich unter Armen). Sind hier sociale Verhältnisse und Saison-Gewohnheiten besonders hinsichtlich der Diät von unverkennbarer Mitwirkung, so lässt sich doch im Allgemeinen behaupten, dass dem feuchten Wetter Catarrhe und Rheumatismen, dem kalten letztere und respiratorische Entzündungen, dem heissen

Leberleiden, Durchfälle und Augenkrankheiten, dem windigen die beiden letzteren, der Windstille langwierige ansteckende Fieber mit Vorliebe zukommen.

An sich selbst angestellte Beobachtungen über den Einfluss der Jahreszeiten bringt Edward Smith im Brit. Med. Journ. von 1861, aus denen hervorgeht, dass die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure von Juni bis zu einem Minimum im September sinkt, dann bis Januar steigt, in diesem, wie Februar und März wenig schwankt, während April und Mai aber zu einem Maximum emporgeht. In gleicher Weise verhält es sich mit den Quantitätsverhältnissen der Exspirationsluft und der Zahl der Athemzüge, entgegengesetzt verlaufen die Proportionen der Stickstoffausscheidung und der Pulsfrequenz. Zum Luftdruck soll die Absonderung der Kohlensäure in verkehrtem, die des Harnstoffes in geradem Verhältniss stehen. —

Die Einflüsse der nasskalten Witterungs-Periode von 1829—31 und der trocken-warmen 1857—59 in Nassau vergleichend findet Menges weder die Zahl der Geburten und Todesfälle, noch die wichtigsten acuten Krankheiten in merklicher meteorologischer Abhängigkeit; dagegen erwies sich in der nasskalten Zeit grösser die Sterblichkeit auf den kalten feuchten, armen, von Misserndte heimgesuchten Höhen des Westerwaldes, wie unter den, der Sonne bedürftigen, Greisen; auch stieg die Häufigkeit der Wechselfieber und der catarrhalischen Leiden mit Ausschluss der Halsbräune. In der heisstrockenen Epoche waltete vor Erysipelas, Furunkel und Carbunkel, Panaritium, Croup, auf welch letzteren indess die Witterung an sich ebenso wenig von directem Einfluss war, als auf Typhus, welcher wegen jauchiger Infection des Grundwassers exacerbirte. —

Whistlecraft bekämpft die Meinung, dass kaltes Winterwetter der Gesundheit zuträglicher sei, als mildes, was auch gewiss nur in Betracht der mit letzterem gewöhnlich verbundenen grossen Feuchtigkeit und Unbeständigkeit behauptet wurde; vielmehr steige die Sterblichkeit mit der Kälte, am meisten aber dann, wenn einem linden Winter ein rauher Frühling folgt. — Auch Heidenschreiter's, des verdienten, zu früh verstorbenen, ärztlichen Meteorologen zu Herrieden herausgegebene Karten über Morbilität, Mortalität und Witterung ergeben, dass in gelinden Wintern sowohl die Kranken- als Todten-Zahl eine Verminderung erfährt, dagegen in heissen Sommern eine Mehrung; kleinere Temperaturschwankungen sind dem allgemeinen Gesundheitstand günstiger, als starke Extreme, zumal wenn letztere in raschen Sprüngen aufeinanderfolgen. — G. v. Liebig fand besonders schädlich häufige Wechsel von feuchter und trockenkalter Witterung, demgemäss den Frühling als die mörderischeste Jahreszeit. Analog treffen in Ostin-

dien die meisten Erkrankungsfälle auf October und November mit kühler Luft und feuchtem Boden, wogegen die trockenheissen Monate Mai und Juni, wie die Regenmonate Juli und August relativ gesund erscheinen. — Ballard glaubt gefunden zu haben, dass in der Regel mit dem Anwachsen der mittleren Luftwärme eine Zunahme, mit deren Sinken die Abnahme der gewöhnlichen Erkrankungen einhergeht, dass plötzliche Uebergänge von Kälte zu Hitze schlimmer wirken, als der umgekehrte Wechsel, dass anhaltende Trockenheit eine einmal vorhandene epidemische Anlage steigert, einfallender Regen sie oft mildert. In Calcutta und Madras indess bringen nach Macpherson sowohl grosse Regenmenge, als strenge Trockenheit die in wechselvollerer Jahreszeit ausgebrochene Cholera zum Stillstand. —

Von besonderen meteorischen Elementen hat namentlich die atmosphärische Feuchtigkeit, hinsichtlich deren schon Mühry auf die medicinisch massgebenden Factoren hinwies, in v. Vivenot einen fleissigen sachkundigen Bearbeiter gefunden. Man kann sich bei Beurtheilung dieser Verhältnisse keineswegs auf Häufigkeit und Menge oder Mangel und Dürftigkeit des Regens verlassen, denn Peru ist regenlos und doch dampfreich, Philadelphia mit einer Jahresregenhöhe von 30″ P. sehr lufttrocken; Palermo zeigt bei absolut viel grösserem Wassergehalt der Luft ungefähr die relativ gleiche Feuchtigkeit von 74 pCt. mit Prag. Gerade auf diese aber, welche den subjectiven Eindruck bestimmt, kommt das Meiste an. 55, 70, 85, 100 pCt. können die oberen Grenzen bezeichnen für das beziehlich sehr trockene, mässig trockene, mässig feuchte und sehr feuchte Klima, dessen populäre Kennzeichen bekannt genug sind, zu dessen wissenschaftlicher Bemessung aber neben den Hygroskopen und Psychrometern auch die, die besonders wichtige locale Evaporationskraft unmittelbar controllirenden Verdunstungs-Messer gute Dienste leisten, bei denen es sich im Wesentlichen darum handelt, das Gewicht der in bestimmter Zeit von einer gegebenen Fläche verdunsteten Wassermenge möglichst genau und frei von Nebeneinflüssen zu finden. — Der selbst zu fast $^3/_4$ aus Wasser bestehende Organismus bedarf der atmosphärilen Feuchtigkeit, zu deren Regulirung Lichtenstein die Cultur von Ailanthus glandulosa empfiehlt, zum Schutz gegen das Vertrocknen, zur Bei- und Ableitung der Wärme, zur Milderung des Sonnenlichtes, zur Reinigung der Luft von fein vertheilten fremdartigen Bestandtheilen, zur Steigerung des Ozonbezuges. Uebermass bleibt indess nicht ohne Nachtheile und hat Vivenot es höchst plausibel zu machen gewusst, dass Trockenheit des Erdbodens (und der Luft) am wesentlichsten zur localen Immunität von Phthise beitrage, was eine theilweise, vermuthlich durch künftige Erfahrungen erweiterbare Bestätigung findet in dem desfalls

äusserst günstigen Einfluss der in England im grossartigsten Massstab durchgeführten Trockenlegung des Häuseruntergrundes. Umgekehrt findet Rhoden eine Verschlimmerung dieser Krankheit, wenn zunehmende Feuchtigkeit bei sinkendem Barometer die Ausdünstungen zurückhält, Menge und Volumen des innerlich aufgestauten Blutes verhältnissmässig vermehrt, und die Gefahren der Congestionirung bis zur Zerreissung der Gefässe also Lungenblutung, oder Schmelzung tuberkulöser Ablagerungen erhöht. Ausserdem werden die wässerigen Abscheidungen auch gesunder Individuen ungebührlich verzögert, selbst zurückgehalten, ferner zumal bei gleichzeitig erhöhtem Luftdruck die Körperbewegungen erschwert und die Stimmungen des Gemüthes getrübt. Nach Richter's physikalisch besonders anerkennungswerther Bemerkung über Vermehrung der atmosphärischen Wärmecapacität durch höheren Wassergehalt erscheint feuchtkalte Luft wegen zu rascher Erniedrigung der Hauttemperatur kälter, als an sich gleich temperirte trockne, während feuchtwarme Luft die ungenügende Wärmeableitung in wegen mangelnder Verdunstung widerlich drückender Schwüle zur Empfindung kommen lässt. —

Für das mit der Feuchtigkeit in Beziehung gebrachte Ozon behauptet Glaisher 1866 mit grosser, anderwärts kaum getheilter, Entschiedenheit, dass, wo es reichlich gefunden wird, Gesundheit, an Ozon-armen oder losen Orten Krankheit herrsche. Vorsichtiger beurtheilt Baring den hygienischen Werth des Ozones, das wohl in der Hauptsache heilsame Effecte entfalte, im Uebermass aber auch der Gesundheit widrig wirken könne; dies bezieht sich auf an sich nicht unwahrscheinliche, aber bis jetzt nur mittels eines kleinen, dazu nicht gänzlich unanfechtbaren, statistischen Materiales begründbare entzündliche Reizungen der Athmungswege, und auf die von Zillner behauptete Steigerung gastrischer Krankheiten. Weitere hierauf bezügliche Angaben finden sich bei den meisten klimatischen Untersuchungen, welche mehr oder weniger der Medicin dienen sollen, aber einerseits sind die Ansichten selbst noch so vielfach schwankender Natur, anderseits die sie stützenden oder eventuell corrigirenden Beobachtungsmethoden so unsicher, dass es unsren Zwecken angemessen erscheint, nur der jüngsten Arbeiten zu gedenken, denen mit Recht ein bleibender Werth für die Entwicklung dieser Frage zukommt. Darunter nimmt das zwar in erster Linie forstlichen Tendenzen gewidmete, der Medicin als solcher also ferner stehende, doch der wissenschaftlichen Verwerthung meteorologischer Thatsachen für das organische Leben höchst förderliche Werk von Prof. Ebermayer in Aschaffenburg über die physikalischen Eigenschaften des Waldes in Bezug auf Luft und Boden nach Form und Inhalt die erste Stelle ein. Von andren nicht direct an diesen Platz gehörigen Thatsachen nur erwähnend, dass der thermische Einfluss des Waldes vornehmlich der Bodenwärme, und nur in der Hälfte

dieses Werthes der Luftwärme zu gut kommt, dass in beiden Fällen eine Abschwächung der Variationsamplitude besonders durch Herabsetzung der höheren Wärmegrade erzielt wird, dass hieran auch die Umgebung participirt, indem des Tages die kühlere feuchtere Waldluft ins Freie abfliesst, hier oft wässerige Niederschläge veranlassend, in der Nacht aber der Luftstrom den umgekehrten Weg einschlägt, welcher Wechsel der Winde nebst den Folgen natürlich weitaus überwiegend dem Sommer eigenthümlich ist, dass der Einfluss des Waldes auf die absolute Luftfeuchtigkeit geringfügig erscheint gegenüber seiner Bedeutung für die relative durch das Mittelglied der zurückgehaltenen oder verdunstenden Flüssigkeit am und im Boden, dessen Streudecke der Wasseraufspeicherung fast in gleichem Grade nützt, als der Wald selber, wonach beispielsweise bloss die Wegnahme jener im Spessart im Sommer einen Wasserverlust von 1324 Million cub.′ herbeiführen würde, dass in grösserem Massstab durchgeführte Entwaldung daher nicht sowohl die Regenvertheilung, als die unter stark verdunstendem kahlen Boden nur dürftig stattfindende Speisung der subterranen Quellen-Reservoirs beeinträchtigt, abgesehen von dem in entholzten Gebirgen zu besorgenden schnellerem Absturz der meteorischen Ergüsse, wende ich die Hauptaufmerksamkeit den Forschungen über das Ozon zu, welches der Verfasser selbst als einen Factor der hygienischen Bedeutung des Waldes anerkennt, welcher schon in Rücksicht der darüber fast ins Volksbewusstsein gedrungenen öffentlichen Meinung eine wissenschaftliche Aufklärung erheischt, deren freilich der Sicherheit andrer meteorologischer Explorationen nicht ebenbürtige Resultate durchaus nicht immer und überall im Sinne jener ausfallen. So herrscht im Walde selbst nie ein besonderer Reichthum von Ozon, und die theoretisch wohl fundirte Erwartung Schoenbein's, dass die Nadelhölzer wegen des Gehaltes an Terpentinöl reichere Ozonquellen sein möchten, als die Laubbäume fand keine Bestätigung. Es scheint indess, dass an sich die Ozonentwicklung innerhalb eines gut vegetirenden Waldcomplexes eine nicht unbeträchtliche ist, dass aber die an organischen Zersetzungsproducten reiche Humusschicht des Waldbodens einen grossen Theil davon absorbirt, denn gegen die Baumkronen hin steigt der nachweisbare Ozongehalt erheblich und die nächste Umgebung ist stets viel Ozonreicher, als die Atmosphäre steriler Plätze, oder gar dichtbevölkerter Städte. Ob aber der Vegetation als solcher die fragliche Umwandlung des Sauerstoffes zu danken ist, bleibt kaum mehr zweifelhaft, sondern wird höchst unwahrscheinlich angesichts der negativen Versuchsresultate von Belluci betreffs der vermutheten Ozonaushauchung grüner Pflanzentheile, wie der Thatsache, dass die Binnenluft des winterlichen Waldes mehr Ozon führt, als je zur Zeit der üppigsten Vegetation darin vorkommt. Demnach dürfte bloss die

höhere Feuchtigkeit des Waldes die Ozonerzeugung begünstigen, welche im Allgemeinen in geradem Verhältniss mit der relativen Feuchtigkeit der Atmosphäre steigt und sinkt (nach meinen Beobachtungen bei reichlichem Schnee verhältnissmässig weitaus am stärksten ist) in der Höhe und am Meer wie in der Nähe von Salzgradirhäusern, also unter Gelegenheiten beträchtlicher Verdunstung mächtig erhöht wird, und von Ebermayer auf feuchtem Boden um durchschnittlich zwei Grade der ozonometrischen Farbenskala höher gefunden ward, als über trocknem oder in freier Luft. Es ist wohl mehr, als die Hervorhebung eines zufälligen Parallelismus, wenn daran erinnert wird, dass in gleicher Proportionalität wie das Ozon mit der relativen atmosphärischen Feuchtigkeit die Luftelektricität einhergeht, von welcher Mühry vermuthet, dass sie ein unmittelbares Product der Insolation fester Erdschichten sei, aber in der, trocken mit keiner merklichen elektrischen Leitungsfähigkeit ausgestatteten, Luft erst durch Vermittlung der Wasserdünste verbreitet und zu nachweislicher Ladung gesammelt werde. Dass die Modificationen in der Vertheilung und Form des atmosphärilen Wassergases mit Phänomenen veränderter elektrischer Spannung auch dann verbunden sind, wenn es nicht zu einem eigentlichen Gewitter kommt, steht ausser Zweifel, ob aber die bei solchen Störungen eines längere Zeit bestandenen relativen meteorischen Gleichgewichtes zuweilen beobachtete Wendung in Intensität und Ausbreitung grosser Epidemien auf einem wirklich occasionellen Verhältniss beruht, und ob dieses gar erweitert werden darf zur Annahme eines wesentlichen Zusammenhanges des Ozones und der Elektricität der Luft mit der Geschichte der Volkseuchen, ist zwar unentschieden, immerhin aber ansprechender, als die Rehabilitirung des in diesem Sinne von der Wissenschaft längst zu den Todten gelegten Magnetismus durch Reeves, welcher noch 1865 einen angeblichen magnetischen Sturm beschreibt, den als Vorboten einer Choleraepidemie die stark schwankende Nadel verkündet habe. — Die Unsicherheit in den Angaben über den immer wieder über alle Zweifel emportauchenden Glauben an einen Zusammenhang zwischen Ozon und Gesundheitstand kann nur durch die Befolgung einer ächt naturwissenschaftlichen Methode vermindert werden, wie sie unter Anderm aus einer, auf eine, unter weniger vollkommenen Voraussetzungen um ein Jahrzehnt früher ausgeführte Arbeit zurückweisenden, Veröffentlichung von Dr. Carl Haller (Wien 1870) hervorleuchtet. Während einerseits aus den Beobachtungen, die durch Vermittlung Jelinek's zugänglich gemacht worden waren, nachgewiesen wird, dass die Nachtkurve des Ozon merklich und constant höher ist, als die Tagkurve, und dass der Ozongehalt der Atmosphäre vom Beginn des Winters zu steigen anfängt, im Frühling Nachts im März, Tags im Mai den Höhepunkt erreicht, wenig unter

demselben mit geringen Schwankungen durch den Sommer beharrt, im Herbst rasch dem Minimum zusinkt, das Nachts im October, Tags im December erreicht wird, werden anderseits als die Krankheiten, welche vor allen durch die Schwankungen des atmosphärischen Ozongehaltes bezüglich der Häufigkeit ihres Auftretens beeinflusst werden können, die Katarrhe der Athmungsorgane und die Lungenentzündungen erklärt. Die graphische Kurvendarstellung der einschlägigen Thatsachen führt zur Ueberzeugung, dass sowohl die jährliche, als die tägliche Periode beider Erscheinungsreihen genauer parallel läuft, als dem blossen Zufall zugeschrieben werden dürfte, dass jedoch die Grösse eines daraus abgeleiteten Einflusses sich zur Zeit nicht bestimmen lässt. Da nun die vollständig überzeugende Kraft naturwissenschaftlicher Thatsachen erst im Stadium der exacten Messung gewonnen ist, findet der vorsichtige Autor zwar bemerkenswerth, dass der geringe Krankenstand des Herbstes vorzüglich durch das auffällige Zurückweichen der Krankheiten der Athmungsorgane bedingt ist, wobei die Erklärung nicht ausreicht, dasselbe lediglich der konstanten mässigen Wärme, welche jener der mittleren Jahrestemperatur sich nähert, zuzuschreiben, weil ungeachtet derselben die Darmkatarrhe sich mehren, Ruhren häufiger auftreten, Choleraepidemien entstehen, Malariakrankheiten heftiger werden und über die Grenzen ihrer Ursprungstätten sich verbreiten, auch Typhus in zeitweisen Epidemien auflodert, sowie dass die relativ grosse Höhe der Ozonnachtkurve der erfahrungsmässigen Empfindlichkeit und dem geringen Widerstandsvermögen der Athmungsorgane zur Nachtzeit, besonders im Schlafe, zu correspondiren scheint, doch aber in Rücksicht der bald übereinstimmenden, bald widersprechenden Ergebnisse einzelner geprüfter Jahrgänge das Urtheil, dass das Auftreten der Katarrhe und Entzündungen der Luftwege vorzugsweise durch den Ozongehalt der Atmosphäre bedingt werde, für nicht hinlänglich begründet. – Der medicinisch-ätiologische Verein in Berlin hat mehr die salubritären Eigenschaften des Ozons ins Auge gefasst, und die Sätze aufgestellt, dass dasselbe nicht bloss ein Reiniger der Luft, sondern auch des Blutes hinsichtlich der im Körper aufgenommenen Gase sei, dass es die Thätigkeit aller absondernden Organe, namentlich die Ausscheidung der Galle und des Harnstoffes wie der Kohlensäure in den Lungen steigere, dass es die Ernährung und Funktionsfähigkeit der Muskeln und Nerven hebe. — Aus der neuesten Zeit verdient endlich Erwähnung Andrews in der R. Society of Edinburgh gehaltener und in Poggendorff's Annalen 1874, VI. veröffentlichter Vortrag, aus welchem hieher gehört, dass Ozon in der Luft grosser Städte selten ist, ausser in den Bezirken der Vorstädte, in welche der Wind vom offenen Lande her Zutritt hat, dass in Räumlichkeiten, wo viele Menschen wohnen oder Arbeiten verrichtet werden, das Ozon auf einen

weiten Umkreis hin zerstört wird, dass die permanente Abwesenheit von Ozon entschieden verdorbene Luft andeute, und dass höchst wahrscheinlich viele der wichtigsten Actionen, durch welche die Producte der vegetabilischen und animalen Abfälle mittels Oxydation aus der Luft fortgeschafft werden, ausschliessliches Werk des Ozones sind, — mehr noch aber die gelegentlich schon erwähnte Mittheilung Zittel's aus München über das Ozon der lybischen Wüste, indem hier auf empirischem Wege manche theoretische Illusion zerstört wurde. Die Vergleichung der in der Wüste erhaltenen Ozonreaktionen mit denen auf Oasen und längs des Nilthales ergibt das überraschende Resultat, dass dort der atmosphärile Ozonreichthum erheblich grösser ist, als in Vegetations- und Wasserreichen Gebieten und zwar durchschnittlich im Verhältniss von 7.3 zu 4.8, wonach die Wüste wenigstens während des Winters die durch Ozongehalt berühmtesten Gegenden Europas erreicht. Auch hier bleibt die nächtliche Vermehrung der Ozonreaction nicht aus, welche im Uebrigen durch Heiterkeit, Thau, Nordwest- oder Westwinde gesteigert, bei Bewölkung und von dem aus S oder SE wehenden Samum vermindert wurde. Wind an sich ist also jedenfalls kein sicheres Beförderungsmittel des Gehaltes oder der Verbreitung von Ozon, wonach landläufige Vermuthungen vom hygienischen Nutzen der Stürme modificirt werden müssen. Auch die schon von Ebermayer auf den richtigen Werth zurückgeführte Bedeutung der dem Ozon besonders günstig erachteten Vegetation wird ins rechte Licht gestellt, welches auch hier die Rolle der Feuchtigkeit so erkenntlich macht, dass nicht allein die Verdunstung, sondern auch die Condensation des Wasserdunstes der Ozonbildung förderlich erscheint und zum Schluss die Frage erlaubt ist: „Sollte vielleicht die beim Uebergang des einen Aggregatzustandes in den andern entstehende Electricität Veranlassung zur Verwandlung des gewöhnlichen Sauerstoffes in Ozon bilden, und sollte sich hieraus der ungewöhnlich hohe Ozongehalt der Luft, in welcher Wasser verdunstet, oder sich zu Thau und Reif condensirt, erklären lassen?" —

Wenn neuerdings Schiedermayer den hygienischen Werth des Ozons gänzlich bestreitet, so hat er wenigstens insofern Recht, als da, wo Ozon fehlt, anderweitige positive Anlässe zu Infectionen in Hülle und Fülle vorhanden zu sein pflegen, namentlich mittels des eingeathmeten Staubes und Dunstes der Fabriken (Catlin) wie mehr noch der organischen Zersetzungen; nach Schimper sammelt sich dieser Unrath der Atmosphäre windabwärts auf Wasserflächen an, bildet bei Regen Schleimblasen und beherbergt zahllose Infusorien und Kryptogamen-Spuren. Chapmann constatirte mittels ausgeglühten Bimsstein-Pulvers den Gehalt der Luft aus Menschen überfüllten Räumen an organischen Abkömmlingen, besonders sauren Charakters,

dagegen Anwesenheit organischer Basen in den Kloakendünsten, Wocstyn fürchtet, dass durch Lüftung der Spitäler deren Umgebung verpestet werde, Tyndall setzte die organische Natur der bei seinen optischen Arbeiten eine theils zufällige, theils absichtlich herbeigezogene Rolle spielenden sog. Sonnenstäubchen fest, welche am sichersten durch Hitze zerstört werden, und Bouillaud erinnert in dieser Hinsicht an die alte Methode, bei Epidemien und auf Schlachtfeldern grosse Feuer zu unterhalten. — Angus Smith, welcher sich mit diesen, die Meteorologie allerdings nur mittelbar berührenden, hygienischen Eigenschaften der Luft eingehend beschäftigte, fand, Luft mit Wasser schüttelnd, innerhalb einer Fläche von 0.01 q″ durchschnittlich 100 Pilzsporen, welche er als Fermente für Lungenleiden und faulige Entartung eiternder Wundflächen ansieht; dem Regen schreibt er als, der localen und zeitlichen Salubrität diensamste, Function die reinigende Auswaschung der Atmosphäre zu, deren organische Stoffe und Mineralbestandtheile hiebei nicht nur aus der Athmungsluft entfernt, sondern auch dem Boden zu Gunsten der Pflanzenernährung zugeführt werden. Derselbe Forscher findet den Sauerstoffgehalt der Luft an insalubren Orten gesunken auf 20 prc., in gut ventilirten Stadttheilen, namentlich in der Nähe von Anlagen und Gärten gestiegen auf 21 prc., in mässig gelüfteten Wohnungen durchschnittlich bei 20.6 prc.; es ist klar, dass solche Differenzen, auch wenn sie in Einzelfällen grösser ausfallen, zu unbedeutend sind, um ihnen besondre hygienische Vortheile oder Nachtheile zuschreiben zu dürfen, indem selbst beim Ansatz der Minimalwerthe weit mehr Sauerstoff vorhanden ist, als der Organismus für seine respiratorischen Zwecke braucht. Wo daher krankhafte Zustände auf die Luft zurückgeführt werden wollen, muss man an eine directe Schädlichkeit anknüpfen, welche häufiger in den Consequenzen des Lebens, als im einfachen Naturgang zu suchen sein dürften. In diesem Sinne mag Bourgignon den Inbegriff der von den menschlichen und thierischen Ausdünstungen, aus Küchen und Werkstätten, Kloaken und Gaslaternen, durch Strassenstaub und Rauch in passiver Verbindung mit der Hemmung des freien Zutrittes der Sonnenstrahlen verdorbenen Atmosphäre als specifische malaria urbana bezeichnen, wenn nur nicht vergessen wird, dass die geschäftliche und genusssüchtige Aufregung und Unruhe der Städtebewohner in Verbindung mit vielfachen allbekannten socialen Momenten an der gegenüber der Einfachheit und Stille des Landlebens unverkennbaren, gewiss auch zu besondrer Gesundheitstörung, ja Lebensverkürzung führenden urbanen Jactation grössere Schuld tragen, als ein atmosphäriles Miasma. Natürlich ist damit die Anerkennung eigenthümlicher localer Schädlichkeiten nicht ausgeschlossen, deren Verfolgung indess mehr der chemischen Begründung der ventilatorischen Hygiene, als der

Witterungskunde anheimfällt. So birgt zweifellos der städtische Haushalt reichliche Quellen der Kohlensäure, aber verhältnissmässig die meiste fand Truchot über pflanzenbewachsenem Boden während der Nacht; die Küstenländer, mehr noch die offene See zeigen wegen der starken Gasabsorption des Meerwassers oft nur die Hälfte des durchschnittlich 0.4—0.5 p. m. betragenden Continental-Kohlensäure-Gehaltes. Das schwach vertretene Ammoniak schwankt nach Bronn in der Landluft vielleicht wegen der starken desfallsigen Absorptionskraft des allerwärts verbreiteten Humus nur in den engen Grenzen von 0.6 bis 0.78 gr. auf 100000 litre, in städtischer Luft aber zwischen 0.5251 und 1.1294. Locale Luftverderbniss durch Emanationen der Fabriken, Berg- und Hüttenwerke kann sich auf ein paar tausend Meter Abstand von diesen hinlänglich intensiv erstrecken, um den Pflanzen und indirect den dieselben fressenden Thieren nachtheilig zu sein; darunter spielt die schwefelige Säure eine Hauptrolle, gegen welche Nadelholz empfindlicher sein soll, als Laubwald. Das Conglomerat aufgewirbelten Strassenschmutzes, von Steinen abgeschliffenen Staubes und der im Rauch enthaltenen Kohlenstoff-Moleküle wird zwar nicht so leicht zu Pneumonokoniosen (Zenker) Anlass geben, als in geschlossenen Arbeitsräumen, deren thätige, hinsichtlich der Ventilation und Reinlichkeit meist schlecht versorgte Bewohner bald scharfe und harte Quarzstaubkrystalle, bald die feineren Molekel des Specksteines oder Schiefers, bald die spitzigen scharfkantigen Splitterchen der Holzkohle, bald die kleineren, rundlichen, seltener eckigen Abkömmlinge der Steinkohle, bald Ultramarin-Partikelchen, bald Metalltheilchen als gefährliche Gäste ihrem Lungengewebe einpflanzen; doch ist auch im Freien jenes durch zahllose Pflanzensporen, Infusorien, Vibrionen, Bakterien vermehrte „feste" Athmungs-Material ein Feind der Gesundheit, welche dadurch local sehr verschieden beeinflusst werden kann, ohne dass es möglich oder selbst nur rathsam sein möchte, in dieser Hinsicht besondre Anschuldigung eigenthümlicher Bodenverhältnisse zu erheben. — Im Allgemeinen indess dürfen letztere nicht unterschätzt werden, indem sie einen wichtigen, wenn auch secundär, langsam und wenig erkennbar wirksamen klimatischen Factor bilden. Senfleben (deutsche Klinik 1865) betrachtet den Boden als massgebend für die „Kraft der Race", ihre Beständigkeit und Vererbungsfähigkeit, als Beispiele beibringend die allmälige Ausgleichung der israelitischen Eigenthümlichkeiten in Folge andauernd veränderten Aufenthaltes und die in den feinen Gliedern, den mageren Muskeln, dem langen dünnen Hals, den geschwundenen Drüsen und Fettpolstern fast unkenntlich gewordene Constitutionsänderung der Engländer (und Deutschen) auf nordamerikanischem Boden. Allerdings tritt hier und in ähnlichen Fällen das geognostische Element hinter das meteorologische, für das zweite

Beispiel besonders das die Feuchtigkeit betreffende (Desor) namhaft zurück, aber das Studium jenes soll namentlich da nicht vergessen werden, wo grosse Städte über alluvialen quarternären Schichten mit den mannigfachsten geologischen Schicksalen emporgewachsen sind. In den ungeheuren porösen Massen finden unzählige Keime wenn nicht von specifischen Krankheiten, doch von allgemeinen hygienischen Schädlichkeiten Platz, deren Entwickelung, vom wechselnden Stand des Grundwassers gefördert, mit diesem wie mit der davon getriebenen Bodenluft die in gasigen, vor der Ausströmung nirgendwo bewahrten Producten charakterisirten Stadien durchläuft. Wenn eine derartige Begründung von Insalubrität zugegeben wird, ist im Besondren nur Cholera, Typhus und Malaria der Anerkennung einer desfallsigen Ableitung in weiteren Kreisen sicher, getheilten Beifalles dagegen Bowditsch's Erklärung begrenzter Phthisenheerde aus der im Untergrund oder selbst nur in den nahen Wiesen und Sümpfen beherbergten Feuchtigkeit. Noch gewichtigeren Zweifeln begegnet Fluegel's Ansicht, dass die acuten Exantheme aufsteigenden Bodengasen zuzuschreiben seien, deren Differenzirung nach der geologischen Formation die Verschiedenartigkeit des Hautausschlages bedinge; am gefährlichsten für den Ausbruch von Scharlach und Masern wäre Kalkboden und junger lockerer Sand; auf besserem Sandboden erscheinen beide Krankheiten seltener und verlaufen gutartiger; am sichersten könne man sich aber in dieser Hinsicht auf Grauwake fühlen. Kopetzky (Wien 1864) stellt als Extreme der Unabhängigkeit und Abhängigkeit vom Boden die rein ansteckenden und die miasmatisch-terrestrischen Krankheiten hin. Urboden sei gesund, Tertiärboden durch Phthise berüchtigt; Cretinismus gedeihe auf Schiefer und oft dicht daneben auf Kalk nicht. — Viel werthvoller und auch physikalisch bedeutsamer sind die Beobachtungen über Bodenwärme, an sich alt, denn sie datiren mindestens von Mariotte's 1670 in den Pariser Observatoriumskellern 28 m. tief unternommenen Aufzeichnungen und sind 1724 von Hales, 1790 von Saussur, 1836 von Bischoff wieder ausgeführt worden, aber eine grössere Aufmerksamkeit und Sorgfalt hat man ihnen doch erst neuerdings zugewendet, und zwar mit solchem Erfolg, dass die zur Zeit etwas kühne Herbeiziehung fremder Verhältnisse erklärlich, wenn auch nicht immer aussichtsvoll erscheint. So glaubt Pfeiffer die Akme der Cholera-Epidemien mit oder bald nach dem Eintritt des Maximum der Bodenwärme, das übereinstimmende Herabsinken beider und das gänzliche Erlöschen jener Krankheit bei 5—7° C. mittlerer Erdtemperatur oft genug constatirt zu haben, um ein Gesetz zu formuliren, zu dessen mehrseitiger Begründung auch Delbrück in Halle 1868 Beiträge gab, darauf hinweisend, dass nicht bloss die Grundwasserbewegung, sondern auch die Erdwärme jene Zersetzungen befördere, welche in

vermuthlichem ätiologischem Zusammenhang mit der gewöhnlich im August, dem Monate der höchsten Bodentemperatur, exacerbirenden Cholera stehen, welches aber doch, um sich rückhaltloser Anerkennung zu erfreuen, in seiner Begründung noch mancher Forderung der wissenschaftlichen Methode genügen muss. —

§. 410. Insofern die medicinische Klimakunde zu thatsächlicher praktischer Verwerthung der meteorologischen Forschungs-Resultate vorschreiten will, muss sie sich vor Allem die Frage beantworten, ob nach gegenwärtiger Einsicht in die massgebenden Verhältnisse der Natur wie des menschlichen Organismus überhaupt darauf gerechnet werden darf, dass diesem bei leidendem Zustand irgend welcher Theile die Veränderung der klimatischen Einflüsse wesentlichen Nutzen bringen könne. Wenn darunter vollständige oder doch für längere Zeit fernerer Lebensaussicht befriedigende Heilung schwerer und tiefer Krankheitsprocesse verstanden ist, soll an der Schwelle jeder desfallsigen Erwartung die Berechtigung mit dem entschiedenen Ausspruch abgeschnitten werden, dass einerseits auf der ganzen Erde es kein Klima gibt, welches in absolutem Sinne allen Anforderungen eines kranken oder geschwächten Organismus entspricht, und anderseits auch das relativ beste Klima kein specifisches positives Heilvermögen gegen bestimmte pathologische Ereignisse besitzt. Alle meteorischen Elemente, wie sie, wenngleich mit zeit- und ortsweiser Präponderanz des einen oder andren, doch nur in ihrer Gesammtheit ein beliebiges Klima constituiren, bleiben natürlich unter allen Umständen die nämlichen Kraftconsequenzen stofflicher Combinationen, und wenn sie dabei im Einzelnen mit verschiedenen quantitativen Werthen und in eigenthümlicher Mischungsform da und dort zur Geltung gelangen, so verlieren oder gewinnen sie dabei niemals ein von Haus ihnen inadäquates Vermögen, als positive Agentien zur Erzeugung und Abänderung der als Gesundheit oder Krankheit sich erweisenden Lebensthätigkeiten in wesentlicher entscheidender Weise mitzuspielen, sondern sie bleiben eben secundäre Einflüsse, deren Wichtigkeit indess gross genug ist, um bei merklicher, einer gegebenen Situation anatomischen oder functionellen Charakters angemessener Modification bedeutende Erleichterung dem Leidenden in Aussicht stellen zu dürfen. Ganz im Allgemeinen und unbeschadet aller besondrer Indicationen kann man sagen, dass auf klimatotherapeutischem Wege in erster Linie eine grössere Schonung des Organismus im unvermeidlichen Ablauf der Lebensacte herbeigeführt wird, indem die molekular-mechanischen Stoffbewegungen im Interesse der thierischen Eigenwärme, der Ernährung, des Umsatzes der Gewebe, der Drüsen-Absonderung, der muskularen und nervösen Thätigkeit um so leichter und regelrechter ablaufen, je weniger fremd-

artige, ihren Intentionen widersprechende oder doch nicht förderliche, namentlich an den Verbindungsthoren des Organismus mit der Aussenwelt rauhe, den mühsamen Fortgang einer erschwerten Function oder die langsame Abheilung immer wieder störende Eindrücke zugelassen werden. Da der hier angedeutete Modus einer meteorischen Mitwirkung am Leben weitaus am häufigsten und intensivsten an den Athmungs-Werkzeugen vorkommt, ist in der Klimatotherapie die Berücksichtigung der Lungenleiden von Anfang an zur ersten Stelle aufgetaucht und bis zur Stunde geblieben, so dass selbst bei allgemeiner Behandlung einschlägiger Themata jene mehr oder weniger bewusst hervortretende Erwägung die Auswahl und Darstellung des Stoffes grossentheils bestimmte. Erst die enorme Erleichterung, welche die Neuzeit den Reiseunternehmungen gewährt hat, liess zuvörderst in einer Nation, deren Mitglieder für jene aus persönlichen und pecuniären Gründen besonders passionirt sind, die bald anderwärts acceptirte, sowohl von Aerzten als Gastwirthen und Local-Comités emsig geförderte Ansicht erwachen, dass auch für sonstige krankhafte Zustände, mehr noch aber habituelle oder chronische Verstimmungen von Leib und Seele, welche entweder noch keinen Krankheits-Namen verdienen, oder mit den verschiedensten derselben aushilfweise belegt sind, nicht immer gerade der Besuch specifischer Mineralbäder nothwendig oder selbst nur erwünscht sei, sondern dass die mildere, den Lebens-Gewohnheiten sich unmerklich anschmiegende und eben desshalb nachhaltigere Einwirkung allverbreiteter, aber zu Haus in unzuträglicher Form genossener Lebensreize dem Bedürfniss der so unendlich zahlreichen Halbkranken am meisten zusage. So war der klimatische Kur- oder besser Erfrischungs-Ort zur factischen und wissenschaftlichen Anerkennung gekommen, in der allgemeineren Verwerthung für sämmtliche Gesellschaftskreise aber dadurch noch beschränkt, dass, wie es bei neuen Fragen zu geschehen pflegt, der Blick anfänglich ins Weite und aufs Ausserordentliche gerichtet ward. In ersterer Hinsicht war es der Mehrzahl der Deutschen insbesondere fürs Erste fast unmöglich gemacht, den meist tief südlich gelegenen Orten zugewandten Rathschlägen der Aerzte und Touristen zu folgen; in der zweiten Beziehung aber erschien nur das Grossartigste, was die Architectonik der Erdoberfläche zu bieten vermag: Gebirg und Meer einer bedeutenden hygienischen Leistung fähig oder wurde doch darin den bescheideneren landschaftlichen Reizen des flachen Binnenlandes gegenüber in das hellste verlockendeste Licht gestellt. Allmälig kamen jedoch auch diese zu ihrem Recht, und zwar in so umfassender Weise, dass es gegenwärtig kaum ein Land der Erde gibt, in welchem nicht wenigstens für einige Punkte der Klimatotherapeut oder der Kirchthurm-Politiker Anlass gefunden hätte, eine, der Sache der Gesundheit ge-

weihte, Lanze zu brechen. In der That! wenn man nie vergisst, dass besten Falles nur die Abhaltung oder Verminderung natürlicher Schädlichkeiten, ohne dabei auf die oft genug mit ihnen Hand in Hand gehenden heilsamen Einflüsse verzichten zu müssen, an einem Aufenthaltsort verlangt werden soll, falls er Leidenden empfehlenswerth ist, wird man ebensogut zugeben können, dass daran zum Heile der Menschheit die Erde unter den verschiedensten Breiten und Meridianen ausserordentlich reich ist, als eingestehen müssen, dass die klimatische Qualification eines Ortes oft nur zeitweise Giltigkeit hat, überhaupt aber das meteorische Ideal mit allen derartigen Vorstellungen oder Wünschen das charakteristische Moment der Unerreichbarkeit theilt. –

Eine erschöpfende Aufzählung aller hiehergehörigen Versuche und Leistungen würde dem Katalog einer ansehnlichen Specialbibliothek ähnlich sehen. In den Bänden: 122. 128. 132. 133. 148 wie in zwei Nummern des Jahrganges 1874 von Schmidt's (Winter und Richter) Jahrbüchern der Medicin sind solche Verzeichnisse zusammengestellt und durch die Auszüge wie Urtheile werthvoll gemacht, welche der schon früher als vertrauenswertheste Autorität auf diesem Felde hervorgehobene Berichterstatter: Prof. Richter daran geknüpft hat. Hier scheint mir weniger darauf anzukommen, literarische Vollständigkeit zu erreichen, als die Hauptwege anzudeuten, auf denen sich die medicinische Meteorologie bewegt hat, und voraussichtlich weiter fortschreitet, um ihre theoretische Aufgabe einer klaren Erkenntniss der meteorischen Abhängigkeit des organischen Lebens, wie ihr praktisches Ziel, die klimatischen Einflüsse der menschlichen Gesundheit nach zeitlichem und localem Bedarf möglichst günstig zu gestalten, rüstig anzustreben. Allgemeinere, jedoch Special-Zwecke nicht ausschliessende, klimatische Darstellungen, die am besten vergleichsweise geschehende Untersuchung des Berg- und Seeklima, endlich die Erforschung der tropischen Akklimatisirung sind die in Betracht kommenden Richtungen.

§. 411. Nach dem meteorischen Charakter können wir die Klimate, deren hygienischer Werth vornehmlich in einer möglichst grossen Aequabilität der Witterungs-Elemente, besonders der Wärme gefunden wird, zu welcher sich trockner Boden und ruhige Luft gesellen soll, um dem Kranken reichlichsten Genuss der letzteren im Freien zu gestatten, mit Kisch unterscheiden als trockenkühle alpine, feuchtkühle subalpine, trockenwarme continentale, feuchtwarme marine, oder mit Niemeier als Wald-, Thal-, Berg- und See-Regionen auffassen, oder mit Biermann als excitirende, tonisirende, roborirende und indifferente,

doch dürfte eine die geographische Eintheilung zu Grund legende Uebersicht dem gegenwärtigen Stand der noch mehr vereinzelten als systematischen Kenntnisse am angemessensten sein.

Das Klima von Spanien behandelten innerhalb der fast ausschliesslich in Betracht kommenden neueren Periode der Forschung Cazenave, der daselbst ein wechselvolles continentales und ein gleichförmiges maritimes unterscheidet, Gigot-Suard, von welchem die nördliche und centrale Zone als zu hoch und rauh für Kranke verworfen werden, während die südliche nur wenige Küstenstädte als ihnen geeignet besitze, und Ullersperger, welcher auch das indess wenig praktisch für uns verwerthbare Portugal berücksichtigt. Alles in Allem erfährt auf der Pyrenäenhalbinsel Malaga, gegen Nord und Ost durch Berge geschützt, das ungetheilteste, wie es scheint, verdiente hygienische Lob.

Durch Moriz Willkomm ist im Frühling 1873 das Klima der balearischen Inseln: Menorca und Mallorca einer Erforschung unterzogen worden, deren Resultate unter Zuziehung älterer Aufzeichnungen ein anschauliches Bild von zum Theil medicinisch bedeutungsvollen Verhältnissen gewähren. Die erstere Insel mit vielfach zerklüfteter, einem im ärgsten Wogenschlag erstarrten Meere gleichender Oberfläche hat zwar an sich eine milde gleichmässige Temperatur vom Jahresmittel 17.46° C und mit den absoluten Extremen + 32° C und — 0.5° C innerhalb sechs Jahren, während der reguläre jährliche Variationswerth nur 13.4° C beträgt, ferner eine zwischen 67 (August) und 86.5 prc. (Februar) schwankende relative Feuchtigkeit, eine auf 82 Tage (vornehmlich im Herbst und Winter) vertheilte Regenhöhe von 690mm und höchst seltenen, schwachen, kurzen Schnee, aber die klimatische Annehmlichkeit wird wesentlich geschädigt durch häufige, anhaltende, starke Nordwinde (tramontana) unter deren Gewalt die ganze Vegetation einen nach Süden verzogenen Wuchs annimmt, eine höhere vielseitige Pflanzencultur unmöglich ist, und die Gesundheit der Thiere und Menschen auf harte Probe gestellt wird. Während demnach hier von einem erspriesslichen oder gar heilenden Aufenthalt für Fremde keine Rede sein kann, qualificirt sich die zweite Insel trefflich zu einem klimatischen Curort für Brustkranke, gegen welche freilich die von Lungenleiden fast gänzlich verschonten Eingebornen einen zur Zeit beinah unüberwindlich scheinenden Abscheu haben und zeigen, der indess wohl allmälig der Einsicht einer einträglichen Speculation weichen würde. Mallorca verdankt seine an die Vorzüge Madeira's erinnernden klimatischen Eigenthümlichkeiten gegenüber den weniger erfreulichen ihrer benachbarten Schwester einer in einzelnen Gipfeln zu 1000—1500 Meter emporragenden Gebirgsmauer, welche an der Nordwestküste dicht vom Strand aus aufsteigt und den rauhen Nordwind abhält; ausserdem mildert die östlich vor-

liegende Insel Menorca die NE und E Winde, wie den Anprall der Wogen, während die feuchtwarmen SW und W Winde ungehinderten Zutritt haben. Unter solchen Umständen betragen die Temperaturmittel des Winter 11.6, des Frühling 16.3, des Sommer 25.0, des Herbstes 19.4, des Jahres 18.075° C zu Palma. In der Decade: 1862—1871 kommt wohl ein minimum von — 1.3° C vor, aber ihm steht ein absolutes maximum von + 39.5° C gegenüber und ein Thermometerstand unter 0° ereignete sich in jener Periode überhaupt nur dreimal. Der höchst gleichmässige Luftdruck mit durchschnittlich 761.13 mm. bewegt sich zwischen den absoluten Jahresextremen 777.89 und 739.71^{mm}. Die atmosphärische Feuchtigkeit beträgt im Winter höchstens 85—90, im Sommer oft nur 60 proc., die auf 67 (besonders Herbst- und Winter-) Tage vertheilte Regenhöhe 436.27^{mm}; Schnee ist in der Ebene höchst selten, im Gebirg zwischen December und März reichlich, im April aber grösstentheils abgeschmolzen. Ein zuweilen im Herbst oder Winter eintretender Hagelfall pflegt sich in mässigen Grenzen zu halten. Nebel ist auf das Gebirg beschränkt, Reif stets nur von sehr kurzer Dauer, Thau in jeder Jahreszeit reichlich. Der Sommer ist entweder ganz windstill oder bloss vom regelmässigen Wechsel schwacher Land- und See-Winde gekühlt. Die Winde überhaupt, worunter W, SW, S am häufigsten, NW, NE am heftigsten, sind durchweg mässig feucht, nur die südlichen sehr Wasserreich, selten in der Temperatur so extrem, wie auf dem Continent, mit Ausnahme des Ostwindes, unter dessen Herrschaft es im Sommer unerträglich heiss wird, und der Stagnation der Wolken, welche namentlich der NW gründlich aufräumt, so wenig günstig, dass Palma im Jahre durchschnittlich 144 ganz heitere, 159 theilweis bewölkte und nur 62 völlig trübe Tage kennt. —

Ich habe die Meteorographie Mallorca's etwas ausführlich gegeben, weil die in dieser Hinsicht bisher wenig beachtete Insel, auf welcher in den heissesten Tagen die Sommerfrischen der Sierra eine köstliche Zuflucht gewähren, während es im Frühling und Herbst kaum anderswo, „eine für das Athmen angenehmere und erfrischendere Luft" gibt (Wiener mtrlg. Zeitschrift, 1874, XXII.) unter geordneteren spanischen Zuständen vielleicht eine klimatotherapeutische Zukunft hat.

Von den zahlreichen Schriften über Frankreich erwähne ich: Reetus, die Winterstationen am Mittelmeer und den Seealpen; Pietra Santa, des climats du Midi de la France; Mettenheimer, meteorologische Bemerkungen über Südwestfrankreich. Montpellier besprechen Guinier, Roche; die Pyrenäenorte: Génieys, Bouchard, Bouyer; Pau: Schaer, Cornelius. Bourget zieht die Insalubrität der Mittelmeerküstenstriche in Betracht und Scoresby-Jakson gibt eine fast zu umfängliche Aufzählung der zu Winteraufenthalt und Sommerzuflucht brauchbaren Orte

des ganzen Landes. Von der klimatischen Fünftheilung Frankreichs in das nordöstliche vogesische, das nordwestliche sequanische, das südwestliche girondische, das südöstliche rhonische, und das provençalische Gebiet am Mittelmeer liegt uns das erste durch glückliche Besitzergreifung zunächst am Herzen, während unter den hygienischen Gesichtpunkt fast ausschliesslich das letzte fällt. — Im Allgemeinen ist der klimatische Gesammtcharakter Südfrankreich's nicht ohne Schattenseiten, indem die kalte Luft der nördlichen Gebiete durch die trichterförmige Lücke zwischen Alpen und Pyrenäen in die über dem heissen Africa vom aufsteigenden Strom gelassene atmosphärische Verdünnung hereingesaugt wird. Der so von Richter in seiner Entstehung erklärte gefürchtete Nordwind: Mistral hemmt eine höhere üppige Vegetation und bringt ebenso oft als plötzlich eine Kälte, in deren Berücksichtigung hauptsächlich der grössere oder geringere Schutz der Orte gegen diese Luftströmung ihre hygienische Qualification bedingt, welche in dieser Hinsicht relativ vorzüglich für Pau ausfällt, dessen sedative Wirkung fast von allen Berichterstattern gleichmässig gerühmt wird.

Von Nizza an, dessen westlicher Theil noch ganz dem provençalen Klima angehört, zieht sich als Verbindungsglied gegen das jetzt nur zum Theil besitzberechtigte Italien zwischen Bergen und Meer ein köstlicher, gleich einem grossartigen Wintergarten bevorzugter Landstrich hin, der von allen europäischen Klimakurorten die wichtigsten und reizendsten enthält. Die Riviera di ponente, von dort bis gegen Genua hin, ist von den nach Süd schroff abgedachten Seealpen gegen Nord, Ost und Westwinde geschützt, während die von Süden her ungehindert einfallende Sonnenhitze direct und mittels Zurückwerfung an den Bergwänden auf dem schmalen Küstenstreifen eine andauernde Erwärmung hervorruft, welche wegen der Nähe des die Atmosphäre kühlenden und durchfeuchtenden Meeres selten lästig wird, aber mit Ausnahme weniger, kälteren Localwinden ausgesetzter Stellen eine Vegetation hervorlockt, welche die vom aufgestauten Südwest-Passat herbeigetragenen subtropischen Winterregen nur noch üppiger machen. Zu andren Jahreszeiten ist die Zahl der Regentage sehr klein, ohne dass desshalb allzu trockne Luft zu besorgen wäre, weil dieselbe, wie Valentiner zeigte, durch die nahe See, den vorwaltenden Südwind, und starken Thau immer mit genügender Feuchtigkeit versehen wird. Erst in der Nähe von Genua wird man wieder unsrer eigenthümlichen Winterwinde gewahr, doch auch die westlich vorgeschobenen Punkte leiden zuweilen unter dem Mistral, so dass nur die Mittelregion die klimatischen Vorzüge in reinster Gestalt erscheinen lässt; mehr daher als das früher einseitig hervorgehobene Nizza, dessen hygienische Wirkung im Ganzen als reizend-tonisch bezeichnet wird, verdienen Beachtung Mentone, mild, mässig

trocken, höchst beständig, wohl gegen rauhe Winde verwahrt, in den klimatischen Effecten zwischen den sedativen von Pau und den excitirenden Nizza's in Mitte stehend, mit wunderbarer, nicht bloss prachtvolle Orangen, sondern selbst Palmen einschliessender Vegetation, frei ebensosehr von Staub, als von Lärm, und San Remo, auf welches Sigmund 1859 und Edwin Lee 1862 angelegentlich aufmerksam machten. — Weniger als die Riviera di Ponente ist die Riviera del Levante gegen Polarwindströme verwahrt, doch nicht ohne vorzügliche Punkte, unter denen Nervi hervorleuchtet, dessen meteorologische Qualification durch Cazenave äusserst günstig lautet; seine höchst gleichfömige Temperatur wird mässig erfrischt durch den milden, aber anregenden Seewind.

Italien, das vielgepriesene Ziel der Touristen, bietet im Innern für wirklich Kranke auffallend wenige, rückhaltlos empfehlenswerthe Ruheplätze, weil, wie Bennet sagt, Sonnenschein und warme Luft hygienisch-sociale Uebelstände in den meisten Städten nicht aufwiegen. Während Neapel, im Innern der Stadt verschiedenartig und wechselnd klimatisirt, als Nerven erregend bezeichnet wird, Rom schon durch seine unwillkürlich die Aufmerksamkeit beanspruchenden historischen und künstlerischen Reminiscenzen dem Leidenden die nöthige Ruhe raubt, gewährt das den Phthisikern besonders anempfohlene feuchtwarme Klima Pisa's nach den weit auseinandergehenden Urtheilen Bennet's, Jackson's, Gigot's und Madden's in seiner erschlaffenden und herabstimmenden Wirkung nur einen höchst relativen, unter ungünstigen Umständen leicht ins Gegentheil umschlagenden, hygienischen und therapeutischen Nutzen. Das im nördlichen Abschnitt wohl am meisten beachtete Venedig participirt im Allgemeinen an der Meteoration des adriatischen Beckens, deren Charakter vornehmlich von den zeitweisen Kampfresultaten der nordöstlichen kalten schweren trocknen Bora und des warmen feuchten Scirocco bestimmt wird; ihre ausschliesslichen Herrschaftsperioden werden unterbrochen durch Winde nebst deren Folgen, welche zum Theil als mechanische Resultanten jener zwei Componenten gelten können; unter ihnen bringt der östliche Levantero Regen, Schnee oder Hagel, der nordwestliche Maëstro Abkühlung der Sommerhitze; die meist mässigen Landwinde: der (südwestliche) Libeccio, der (westliche) Ponente, der (südliche) Ostro erregen nur selten durch plötzliche Verstärkung stürmischer die See. Aus anscheinend so unruhigen Elementen wird ein Klima bereitet, welches Goracuchi (Triest 1863) das gemässigteste Europa's nennt, in dem weder Feuchtigkeit noch Trockniss, weder Hitze noch Kälte ungebührlich vorwalten. Gilt dies vielleicht für den meteorologischen Charakter, wo er als specifisch maritimer angesehen werden darf, so zeigen dagegen die Küstenstriche ein höchst verschiedenartiges Verhalten, östlich einigermassen dürftig, westlich üppig gegen Süd nord-

afrikanische Form annehmend, nördlich von subalpiner Art. Was besonders Venedig angeht, so ist der Windschutz kein vollständiger, demungeachtet die Temperatur durch maritimen Einfluss sehr gleichförmig, die Luftfeuchtigkeit gross, ohne dass es übermässig oft regnete, der Luftdruck hoch, der Himmel klar, die Atmosphäre reiner und namentlich von Miasmen freier, als man bei der unvermeidlichen Vermischung von See- und Süss-Wasser über reichlichem Zersetzungs-Material städtischen Lebens befürchten sollte, vermuthlich weil die, auch die erschlaffende Wirkung des Scirocco corrigirende, Bora die schädlichen Exhalationen zerstreut, die in der Umgebung nicht unbemerkt bleiben. — Von den oberitalienischen Seen ist der von Como der landschaftlich schönste, hat aber ziemlich viel Wind und grosse Temperaturschwankungen, wird deshalb zu hygienischen Zwecken vom Luganer-See übertroffen, an welchem eine sehr constante Wärme und eine Luftfeuchtigkeit von 70 prc. bestimmt ist. Sehr gerühmt wird Pallanza am langen See, in Mitte stehend zwischen Alpen- und See-Klima, anregend und stärkend, circa 210 m. hoch über See, einem Luftdruckmittel von 741 mm.; einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 8.3° C, einer atmosphärischen Feuchtigkeit von 68 bis 73 prc., nebenbei Deutschen zur Zeit eine im heimathlichen Sinne von einem Landsmann geleitete Unterkunft bietend. Die Winde des Garda-Sees haben seit Catull keinen aufmerksameren Beobachter gefunden, als in Küchenmeister, welcher ihren häufigen Wechsel zwischen den Richtungen von Berg und See her besonders im nördlichen Theile als höchst lästig, wenn nicht schädlich schildert.

Von den Inseln Süd-Europas kommt vor Allem Corsica und Sicilien in Betracht. — Das erstere Eiland, um dessen Klimatographie sich besonders Walther (1863) verdient machte, ist als, freilich durch einen 15 Meilen breiten Wasserstreifen vom Lande getrennte Fortsetzung der See-Alpen mit ächtem Gebirgs-Charakter ausgestattet, auf den östlichen Anschwemmungen durch theilweise Versumpfung ungesund, auf der Westseite in Bergmulden geschützte und liebliche Plätze bietend, unter denen jedoch bloss Ajaccio eines höheren klimatisch-hygienischen Rufes mit Recht sich erfreut. — Auf Sicilien rühmt Bennet in erster Linie den Küstenstrich zwischen Messina und Catanea, wegen seiner herrlichen Vegetation Jardini genannt, aber freilich fast ohne alle den Kranken-Aufenthalt erleichternde Bequemlichkeiten. Tacchini's meteorologische Exploration von Palermo ergibt als Mittel des Luftdruckes 754.6 mm., der Temperatur 17.5° C, wobei durchschnittlich die Wärme an 172 Tagen darüber steigt, an 193 darunter fällt, gerade im Winter aber beständig in mässiger wohlthuender Höhe sich hält. Die Regenhöhe beträgt ungefähr 590 mm. im Jahr; von Winden überwiegen WSW und

NE; circa 81 Tage im Jahr sind völlig windstill. Nur selten macht sich der allerdings unangenehme, sogar gesundheitwidrige Scirocco geltend, eine eigenthümlich rothe Trübung der Atmosphäre (Caligine) verbreitend, mit deren Eintritt, wie auch Vivenot bemerkt, die durchschnittliche atmosphärische Feuchtigkeit von 73 prc. keineswegs steigt. Der Ozongehalt soll in der Stadt kleiner befunden worden sein, als in der Umgebung und zur Zeit einer Cholera-Epidemie eine Minderung erfahren haben. Für den Winteraufenthalt wird mehr noch Catanea empfohlen, welches die kleinste Zahl der Regentage in ganz Italien wie den kürzesten Winter mit höchstens 15 rauhen Tagen und weniger Wind, als Nizza oder Neapel hat. Die ungünstigste Witterung stellt sich im März mit der Schneeschmelze ein, welche an allen ihren unmittelbaren oder entfernteren Einflüssen zugänglichen Curorten empfindlichen Patienten Gefahren bereitet. Uebrigens leiden nach einigen Angaben diese wie ihre allenfallsigen gesunden Begleiter durch die erschlaffende Weichheit der Luft, welche Krahmer indess auch an der Riviera kranken Lungen nachtheilig findet, und die Langeweile mindestens ebensoviel an den Nerven, als sie für die Athmungswerkzeuge gewinnen. —

Von den jonischen Inseln werden am meisten gerühmt: Korfu, dessen mildes Klima schon die alten Römer schätzten und welches an Elisabeth von Oesterreich sich neuen Ruhm holte, Ithaka, das Sanatorium englischer Soldaten, und Zante, die Blume des Ostens. — Continental-Griechenland, um dessen Klimatologie Julius Schmidt in Athen sich gediegene Verdienste erwarb, hat nicht unbeträchtliche Temperaturschwankungen (im Monat von 10—19° C) vorwiegende Nordost-Winde, geringe Luftfeuchtigkeit, wenig Regen, viel Sonnenschein. Das vorherrschende klimatische Uebel Atticas ist der häufige Nord-Wind, der erst im Frühling gleichförmiges Wetter aufkommen lässt. —

Die meteorologisch ausgezeichnet überwachte Schweiz ist in heilklimatischer Hinsicht durch Meyer-Ahrens (Zürich 1860), Werber (1862), Feierabend (Wien 1865), Faber, Helfft, Ricci, dann für besondre Orte, wie Graubündten von Gamser, das Engadin von Lebert und Sigmund, am Genfer-See von Muret (Vevay) erforscht worden. Physikalische Eigenthümlichkeiten des Alpenklima, welches hier natürlich fast allein in Ansatz kommt, sind eine dünne Atmosphäre, geringer Luftdruck, Trockenheit, frischer Wind, wenig Wärme, aber viel Licht, von elektrischen Effecten am reinsten reichliches Ozon bemerkbar. Seine physiologischen Wirkungen lassen sich in erhöhtem Dynamismus zusammenfassen; therapeutisch ist ausser der eine Specialität bildenden Höhencur der Phthise nichts allgemein Giltiges zu sagen, weil die Folgen mehr noch als anderswo von örtlichen Ne-

benumständen, Stadium und individuellem Charakter des Leidens, socialem und persönlichem Verhalten abhängen. Eine directe Contra-Indication scheint nur von chronischen Herzfehlern und Circulations-Störungen ausgesprochen zu werden. — Im Besonderen wird neuerdings von Lebert Bex am Genfer See höchlich gepriesen, an welchem trotz seines angeblich erkältenden Einflusses auf die Umgebung der Föhn eine frühe und üppige Vegetation hervorlockt, auch nach Dufour die vom Wasserspiegel reflectirte Sonnenwärme den bewachsenen Ufern zu gut kommt. Für viele krankhafte Zustände kann man gewiss den bei dieser Gelegenheit geltend gemachten Vorzug milder gemässigter Klimate im Vergleich zu heisseren anerkennen. Vom Ober-Engadin rühmt als wesentliche klimatische Vorzüge Husemann die reichliche Verdunstung, reine Luft, mässige Wärme, viel Sonnenschein.

In Tirol hat kein Ort mehr Beachtung, aber auch Anfeindung gefunden, als Meran. Bei einer von October bis Januar fast ununterbrochenen Windstille, welche dann von anhaltendem Nordost gefolgt ist, will Pircher eine so trockne, von Tappainer den Phthisikern besonders zuträglich erachtete, Luft gefunden haben, dass nur Cairo eine grössere Regen-Armuth kenne. Dagegen ist Schlesinger, welcher überhaupt in ganz Tirol einen wirklich guten klimatischen Wintercurort vermisst, ausserordentlich schlecht auf Meran zu sprechen, welches weniger hygienischen Comfort biete, als die Gärten in und um Wien. Vermuthlich kommen die Schattenseiten, welche sich wohlwollend mildern, doch nicht gänzlich aus dem Bilde Meran's entfernen lassen, grossentheils auf Rechnung unzweckmässiger socialer Einrichtungen und einer Ueberfüllung, welche indess anderseits trotz mitwirkender Reclame und Mode immerhin für wirklich bestehende meteorische Vorzüge, als lindernde Einflüsse körperlicher Leiden spricht.

In Deutschland hat die allgemeine Meteorologie in den letzten Jahren Riesenfortschritte gemacht, sowohl was Vertiefung der Theorie, als Fülle des Beobachtungs-Materiales betrifft, während die medicinisch-klimatischen Untersuchungen vielleicht wegen der in der That mehr indifferenten einschlägigen Eigenthümlichkeiten oder auch wegen der gerade in unsrem Vaterland allzu fest eingebürgerten Geringschätzung des Mahnrufes: „Sieh'! das Gute liegt so nah!" vornehmlich berühmte Badcorte betreffen, so unter Andern Reumont's Wintercuren in Aachen, Polak's Würdigung von Ischl, Liebig's Klima von Reichenhall. Demungeachtet ist, wie wir mit Richter freudig anerkennen, an lieblichen kühlen Sommercurorten kein Land so reich, als das geologisch vielgliederige Deutschland, und wenn darüber systematische Zusammenstellungen, wie besondre Hinweise und Beschreibungen grossentheils noch fehlen, so sind dafür

die Kenner einsamer Naturschönheiten vielleicht nur dankbar, weil sie von einer, allerdings im weiteren Interesse wünschenswerthen, Veröffentlichung Störung und Vertheuerung zurückgezogener Aufenthalte befürchten. Eigentliche klimatische Wintercurorte gibt es freilich nicht, weil überall die Witterung zu unbeständig und der Wind zu rauh ist, um in reiner freier Luft die Ausheilung erkrankter Gewebe abwarten zu können. —

Grossbritannien gibt zu medicinisch-meteorologischen Arbeiten von allgemeinerer Bedeutung wenig Anlass. Ueber die Vital-Phänomene im Klima von Canterbury berichtet Rigden, über das Klima von Edinburg: Forbes, über Torquay in Bezug auf Lungenleiden Radcliffe-Hall (London 1862), über die Inseln: Bloxum (Wight), Scholefield (Jersey), Le Lievre (Guernsay). — Die insulare Lage schwächt alle meteorischen Extreme ab und schafft ein gleichmässiges, nicht rauhes, doch auch nicht sehr liebliches Klima; relativ ist nach Jackson die Westseite durch die grösste Feuchtigkeit, die südliche durch Wärme, die östliche durch verhältnissmässige Trockne ausgezeichnet. Copland unterscheidet in besonderer Berücksichtigung des Interesse an zuträglichen Winteraufenthaltsorten die feuchte milde Südküste, die noch bessere Südwestküste, deren Herbst und Winter vom beständigen SW durchwärmt wird und deren Frühling und Sommer der NE abkühlt, den trockneren Westen und das ziemlich indifferente Binnenland. Am übereinstimmendsten wird Torquay gerühmt, welches nach Vivian eine höhere Mittelwärme und eine kleinere Zahl von Regentagen hat, als jeder andre englische Ort, deshalb für Lungenleiden trefflich passe. Das milde Klima von Wight thut den meisten Kranken gut, ist aber für Reizbare etwas zu trocken. Die Kanal-Inseln geniessen den unendlichen Vorzug eines ächten und vollen Oceanklima, dessen directe Einflüsse der Bewohner bei der geringen Ausdehnung der Eilande aus erster Hand bezieht; die Wärme schwankt monatlich nicht ganz unbedeutend, des Tages nur um wenige Grade; die Luftfeuchtigkeit ist gross; der vorwiegende Wind: W. In Irland ist bloss Queenstown zu erwähnen, in Schottland: Bute. —

Aus nordischen Gegenden rühmen Morgan und Mac Nab die phthisische Immunität der Hebriden; in Norwegen verzeichnen Lochmann's Beobachtungen mehr Sonnenlicht und Wärme als jegliches Land von gleicher geographischer Breite bieten kann. Dies mag der Gesundheit der Eingebornen zu gut kommen, auch das Reisen in dem naturwissenschaftlich höchst interessanten Lande angenehm machen, schwerlich aber für weitere Kreise ein klimatotherapeutisches Motiv bilden. —

Von aussereuropäischen Klimaten erfreut sich Egypten, schon von den Römern nach Plinius zu Heilzwecken benützt, na-

mentlich im Interesse von Lungenkranken grosser Aufmerksamkeit, welche es durch seine meteorologisch bevorzugte Lage auch verdient. Geographisch der subtropischen Zone angehörig, vom trockenen NE Passat reichlich durchweht, ausserdem von den benachbarten Wüsten mit allerdings nicht ganz staubfreier, doch sonst reiner Luft versorgt, vom Nil gekühlt, durchfeuchtet und befruchtet, in aus Felsen verwittertem, kalkhaltigem Thonboden wenig Miasmen gebärende organische Stoffe führend gewährt es Gesunden einen zuträglichen, Kranken einen wenn nicht heilenden, doch schonenden Aufenthalt, falls nur die mehr und mehr durch locale Einrichtungen begünstigte Lebensweise vernünftig geregelt wird. Andren Falles sind namentlich die verdauenden und secretorischen Apparate der Bauchhöhle gefährdet; besonders in Cairo sollen Unterleibs-Leidende bedroht sein. Ist auch viel davon übertrieben oder auf eigene Verantwortung zu legen, so muss doch mit Dank anerkannt werden, dass eine einsichtvolle Regierung unter Reil's erprobter, auch hier viel versprechender Leitung ein die Frische der Bergklimate gewährendes Sanatorium bei den Schwefelbädern von Heluam gegründet hat. — Dieses ärztlichen Forschers Bericht über die Wirkungen des egyptischen Klima auf Brustkranke wahrt sich einen ehrenvollen Platz unter den auf das Land bezüglichen Schriften, von denen erwähnt werden: Rullmann, therapeutische Bedeutung des Klima von Egypten (in der deutschen Klinik und dem Archiv für physiologische Heilkunde 1859); Hartmann, naturgeschichtlich-medicinische Skizze der Nilländer (Berlin 1865); Villemin, das Klima Aegyptens etc.

Algerien, von dessen vier klimatischen Zonen, dem gemässigt temperirten Küstenstrich, der Tellhochebene, deren höchste und tiefste Wärmegrade um 48° C im Jahre voneinander abweichen können, dem continental meteorisirten Steppendistrict und der Wüste ernstlich bloss die erste in Betracht kommt, behandeln Mitchell, dessen englisches Hauptwerk Donop und Bertherand ins Französische übersetzten, Pietra Santa, Feuillet, Marit (Hygiène d'Algérie), Helfft (der Winteraufenthalt in Algier), Callaway, Legoyt (Auswanderung und Akklimatisation), Jackson, Bennet und Andre. Einmüthig wird das algerische Klima gelobt als mild und trocken, doch weniger als Aegypten, reich an Sonnen-Einstrahlung das ganze Jahr hindurch wegen gleichmässiger Tageslänge, aber mehr starken Witterungsschwankungen und Temperatursprüngen, wie in letzterer Hinsicht namhaften Wärmeabfällen im Schatten ausgesetzt, als dass nicht den Kranken eine oft die Cur illusorisch oder die Lebensweise unerträglich machende Sorgsamkeit und Vorsicht empfohlen werden müsste. — Das benachbarte, ähnlich situirte, doch mehr unter Wärme-Variation und ausgebreiteter Versumpfung leidende Tunis wurde in medicinisch-klimatischer Hinsicht von Ferrini be-

sprochen und Marocco hat durch Madden die vielleicht unverdiente Ehre genossen, unter die brauchbaren Winterklimate gezählt zu werden; neuerdings erhielt in letzterem Lande Tanger eine überraschende, durch einen Unbekannten energisch bekämpfte, auch wohl ziemlich wirkungslose Empfehlung als Krankenzufluchtort von Leared. —

Schwerlich hat ein klimatischer Curort so enthusiastische und selbst vereinzelten ungünstigen Erfahrungen oder doch dämpfenden Warnungen vor Ueberschwenglichkeit gegenüber so beständige Verehrung, so eingehende, nicht immer vorurtheilslose Beschreibung und so häufige Verwendung gefunden, als die zweifellos mit grossen Vorzügen gesegnete Insel Madeira. In subtropischer Lage, an den Wohnplätzen gegen alle rauhen, namentlich nördlichen Winde geschüzt, wenig schwankend im Luftdruck, umspült vom warmen Meere, gleichmässig in Jahr und Tag an Wärme wie nicht unbeträchtlicher atmosphärischer Feuchtigkeit, durch einen doch nicht düstren Nebelschleier ebensosehr vor intensiver Sonnen-Einstrahlung als vor Wärme-Verlust mittels nächtiger Irradiation bewahrt, wohl ventilirt von regelmässig wechselnden Land- und See-Winden, frei von allen gröberen hygienischen Schädlichkeiten, wenn nicht der allerdings von Vielen argwöhnisch betrachtete Wüstenwind: Leste dahin gezählt werden will, welcher indess, nur selten und kurz wehend, in Hitze und Trockenheit auf weitem Seeweg schon namhaft gemässigt ward, ist Madeira zahlreichen Leidenden, besonders bei beginnender Phthisis Ursache der Erleichterung und Lebensverlängerung geworden, aber doch keineswegs ein tadelloses hygienisches Eldorado, indem der dauernde Genuss der feuchten Wärme zwar sedativ wirkt, aber auch eine, zumal bei schon vorgeschrittenem Kräfteverfall gefährliche Erschlaffung des Organismus und eine oft bleibende höchst vulnerable Empfindlichkeit gegen Wetter-Unbilden zur Folge haben kann. Von den Schriftstellern über Madeira erwähne ich in erster Linie Mittermaier als deutschen Hauptautor, welcher auf seine Materie ebenso gründlich als umfassend eingeht (Heidelberg 1855); Barral, le climat de Madère et son influence therapeutique sur la phthise pulmonaire (Paris 1858); Schultze, welcher selbst dort gegen Tuberkulose Hilfe suchte, Poggio, Almes und Gigot-Suard.

Wärmer und trockener als Madeira ist das ächt insulare Klima in der untren Zone der Kanaren, welche unter Anderm von Belcastel eine Beschreibung fanden, angeblich zwar au point de vue médical et hygiénique, in der That aber mehr enthusiastisch als medicinisch. Gediegener, doch allgemein gehalten sind Fritsch's meteorologisch-klimatische Beiträge zur Kenntniss der kanarischen Inseln in Petermann's geographischen Mittheilungen und v. Löher's prächtige vielseitige Briefe in der Beilage zur Augsburger allg. Zeitung. — Hartung (Leipzig 1860) beschrieb die Azoren, deren Klima weniger

mit dem afrikanischen, als mit demjenigen von Süd-Europa übereinstimmt, gemässigt allerdings durch die insulare Lage, welche jedoch anderseits heftige Winde bedingt, die kaum die Realisirung hygienischer Zwecke aufkommen lassen. — Sonst wurde noch, ausser etwa gelegentlicher Bemerkung über diesen oder jenen ins afrikanische Gebiet gehörigen Ort, die Insel Réunion östlich von Madagascar im indischen Occan von Gaudin als Fieberheilstation hingestellt. —

Ueber die klimatischen Verhältnisse Asien's schrieben Friedmann: niederländisch Ost- und West-Indien (München 1860); Friedel, Klima und Krankheiten Ost-Asiens (Preuss. Expedition 1860—2); Laure, histoire médicale de la marine française pendant les expeditions de Chine et de Cochinchine (1859—62); Kose, medical and topographical notes on China; Gordon, China from a medical Point of View. Praktisch hat die hygienische Qualification einzelner asiatischer Orte wenig oder keine Bedeutung für uns; allgemeine Resultate, welche als Factoren der Gesammt-Meteoration der Erdoberfläche um so werthvoller wären, als namentlich die in Nord-Asien herrschende Witterung Europa's meteorologische Verhältnisse stark beeinflusst, können den bisherigen, in Vergleich zum ungeheuren, Landumfang wenig zahlreichen Localberichten nicht entnommen werden. Die Hymalaya-Sanatorien gehören der Höhentherapie an; ausserdem ist nur der Curiosität wegen zu erwähnen, dass jüngsthin Madras als schwindsuchtfrei zum, schwerlich je mit Absicht aufgesuchten, Kranken-Aufenthalt empfohlen wurde. —

America, welches trotz vieler Verschiedenheiten, ja Gegensätze in natürlichen und socialen Verhältnissen uns zunächst steht, erfreut sich in allgemein meteorologischer Hinsicht einer sehr eifrigen Durchforschung, deren Resultate bei der Ausdehnung des Terrains und seinen mit der Lage abweichenden Eigenthümlichkeiten zwar noch lang kein befriedigendes Gesammtbild vom Landesklima geben, aber doch local beschränkte Fragen der Lösung nah geführt haben. Zur gleichzeitigen Würdigung der medicinischen Interessen lassen sich vornehmlich folgende Schriften herbei: Lewis, Angemessenheit des Klima von Minnesota für Lungenschwindsüchtige; Glisan, Klima und Krankheiten von Oregon; Praslow, Californien in mdcn. geograph. Hinsicht (Göttingen 1857); Jourdanet, mdcn. Studien über Mexiko (1865) und die Lungenschwindsucht auf Anahuac; Cavaroz, die Athmung auf den Hochebenen von Anahuac; Mantegazza, lettere mediche sull America meridionale; Couffon, relation médicale de la campagne de la corvette la Serieuse sur les côtes occidentales de l' Amérique. — Praktisch kommen die hygienisch-klimatischen Eigenschaften der hier in Rede stehenden Länder für Europäer selbstverständlich nicht zum Zwecke der Heilung, son-

dern nur der Auswanderung in Betracht, für welche grossentheils andre Gesichtpunkte massgebend sind, als hier in erster Linie stehen. Es genügt daher kurz aufmerksam zu machen auf die meteorischen Vorzüge von Minnesota, von gleichförmig hoher Lage, mit theils sandigem, theils vegetationsreichem Boden, feucht von April bis September, in der andren Jahreshälfte trocken, nicht viel in der Wärme schwankend, in den Winden mässig, von Jowa, wo Butts das Klima von Okowa als zuträglichst für Schwindsüchtige befunden hat, von Missouri, das mit Süd-Europa in der sommerlichen Wärme wetteifert, aber eine um 10 °C tiefere Winterkälte kennt, von Ost-Tennessee, das Bailey als vortreffliches Gesundheits-Asyl rühmt, von Californien, dessen Strecke zwischen Paget Sund und San Diego, von Felsengebirg und Südsee besäumt, im Klima durch Schlagintweit dem italienischen unter Wegfall jeder erschlaffenden Nebenwirkung verglichen, Weekes das Zukunftsanatorium der vereinigten Staaten nennt. Das äusserst excessiv temperirte Canada und Neufundland, berüchtigt durch Nebel, welche jedoch wenigstens im Sommer draussen in der See auf den Sandbänken lagern sollen, sind eben so wenig Heilklimate als specifische Krankheits-Brutstätten, indem die Einwohner sich in der Regel fester Gesundheit erfreuen. — Höchst gediegene Durchforschung von oben genannten wie andren Autoren fand Mexico, dessen hygienischer Ruf unverdient geschädigt würde, wenn die Fieber brütende terra caliente an der Küste den Massstab der Beurtheilung bildete. Dagegen ist die terra templada von reiner feuchter Luft und milder gleichmässiger Wärme, während jenseit 7500′ die terra fria mit trockner dünner Luft und winterlicher, doch kurz vorübergehender Eisbildung liegt. Das Meiste der dieses Land betreffenden Detail-Resultate bezieht sich auf die organischen Einwirkungen des atmosphärischen Druckes, schliesst sich also an die Untersuchung der Höhenklimate an. — In Süd-Amerika haben vornehmlich die La-Plata Staaten in Burmeister einen begeisterten Lobredner gefunden. Peru, welches Lorente nicht minder als durch seine Schätze, durch den wohlthätigen Einfluss auf die Gesundheit der Menschen ausgezeichnet findet, sollte nach Jourdanet mehr um der letzteren, als der ersteren Eigenschaften willen aufgesucht und bereist werden. In der That bieten in der an sich höchst vortheilhaften Lage die aufeinanderfolgenden verschiedenartigen Niveaus fast jeglichem hygienischen Bedürfniss eine diensame Befriedigung. Namentlich ist der Tuberkulose gegenüber die Heilsamkeit der Berghöhen zu betonen (Guilbert), auf denen die in der Tiefe oft mörderische Krankheit weder Einheimische noch Zugewanderte befällt, ja ihre nicht zu weit herabgekommenen Opfer noch nachträglich verschont, oder doch milder behandelt. Im angenehmen Klima von Chile sind die Isothermen um fast 4° niedrer graduirt, als an europäischen Orten

gleicher Breite, und zwar wegen des reichlichen Regens der dichten Urwälder und einer das warme Meerwasser von der Küste verdrängenden Polarströmung. — Ausserdem lobt in Süd-Amerika Scrivener Bolivia als mild und trocken; auch die Niederungen am Amazonenstrom werden als überraschend gesund beschrieben. — Dass das Klima der westindischen Inseln, unter denen Cuba die Palme zu gebühren scheint, ein paradiesisches sei und an wirklich constanter, jede künstliche Erwärmung überflüssig machender Temperatur die berühmtesten südeuropäischen Curorte übertrifft, bezweifelt Niemand, wohl aber ob Angesichts der nach Intensität und Vertheilung fremdartigen meteorischen Elemente, der nicht allzu geringfügigen localen Leiden oder Krankheitsdispositionen und der mancherlei socialen Missstände von Patienten oder Reconvalescenten ein nützlicher die Opfer aufwiegender Gebrauch davon gemacht werden kann. —

Australien ist noch zur Stunde grössten Theils ein Problem der Forschung, welches nur an wenigen Punkten wirksam angegriffen werden konnte, medicinisch von Dougan-Bird (London 1863); Reeves, Consumption in Australia; Brown. Auf dem Continent ist die tropische Region durch auffallend grosse Trockenheit charakterisirt, die subtropische durch höchst widerwärtige Unsicherheit und Vertheilungs-Ungleichförmigkeit der Regen, während die gemässigte als warm, luftrein und Ozonreich gerühmt wird. Farrer vergleicht Neuseeland's nördlichen Theil mit Frankreich, den südlichen mit England; die Ostküsten sind durch Trockenheit und extreme Temperatursprünge berüchtigt. Die Inseln erfreuen sich eines hohen klimatischen Rufes. Natürlich sind etwaige Heil-Effecte von sehr verschiedener Form und Bedeutung, je nachdem der betreffende Ort nicht bloss in den Bedingungen des Klima, sondern auch der Lebensweise begünstigt ist; im Allgemeinen scheint die Luft eine reizende und stärkende Einwirkung zu haben gegenüber der erschlaffenden Wirkung der vom Golfstrom feucht warm erhaltenen Küsten der alten Welt. Therapeutisch hat man auch hier mit zu vielfachen localen Sonderfactoren zu rechnen, als dass weithin giltige klimatisch hygienische Vorschriften möglich wären; ein Moment aber, das mehr noch als auf der ganzen Südhemisphäre überhaupt, besonders in Australien bei allen einschlägigen Wirkungen mitspricht, ist die namentlich während des sommerlichen Perihel intensiv einstrahlende directe Sonnenhitze, wodurch ein greller Temperatur-Unterschied der belichteten und schattigen Partien und vermuthlich manch organischer Einfluss in Bereich des Nervenlebens, der Sinnesthätigkeit und der Haut hervorgerufen wird.

§. 412. Wenn auch die Ehre der Initiative einer ärztlichen Verwendung des Höhen- und Seeklima einerseits Galen, andererseits Arctaeus und Celsus (der dabei besonders die Winde beachtet zu haben scheint: Auster (Scirocco) aures hebitat, sensus tardat, capitis dolorem movet, alvum solvit, totum corpus effecit hebes, humidum, languidum; tramontana (aquilo) tussim movet, fauces exasperat, ventrem adstringit, urinam supprimit, horrores excitat, item dolores lateris et pectoris; sanum tamen corpus spissat et mobilius atque expeditius reddit.) nicht streitig gemacht werden soll, ist doch die häufigere und allgemeinere Beachtung der desfallsigen hygienisch-klimatischen Einflüsse durchaus der Neuzeit eigenthümlich, und zwar etwas früher hinsichtlich der See, weil die Benützung zu Bädern, deren uralter Ruf von den Küsten langsamen aber sicheren Schrittes ins Binnenland sich verbreitete, von selber zur meteorologischen Würdigung dieser Gegenden leiten musste, später, und zwar wie es scheint auf Anregung Brehmer's für das Gebirge, welches freilich, wenn man bloss Touristenpfade und Zielpunkte mit wohl auch gelegentlich verbundener Absicht der Restauration und Erholung im Sinne hat, in weit älterem Ansehen steht.

Dutrouleau zählt als Eigenthümlichkeiten des Seeklima auf: hohen Luftdruck, kühle Sommer-, gelinde Wintertemperatur, reichliche gleichförmig über Jahr und Tag vertheilte Luftfeuchtigkeit, viel Wind, Licht und Elektricität, Schwängerung der im Allgemeinen reinen Luft mit Salz und Haloiden. Hauptwirkungen sind: Wohlbehagen, tiefe befriedigende Athmung, Lebhaftigkeit der respiratorischen Gasdiffusion, Anregung des Capillarkreislaufes, Steigerung von Appetit und Verdauung, Kräftezunahme und Beschwichtigung nervöser Reizbarkeit. — In besondrer Berücksichtigung der Lungenphthise bemerkt Carrière, dass der starke Luftdruck am Meeresufer Congestionen mässigt, Blutungen stillt wie die Neigung dazu vermindert, die muskulare Spannkraft hebt, und dass im Uebrigen die stets lebhafte Ventilation den respiratorischen Bedürfnissen des Kranken unterstützend entgegenkommt. — Speciell die französischen Küstenklimate untersucht Martins und unterscheidet deren drei; das nordwestliche oder sequanische hat vorwiegend W und SWWinde und eine Mitteltemperatur von 10.9° C, das westliche girondische eine solche von 12.7, das südliche mediterrane eine von 14.8° C; bei trocknen Sommern und regnerischen Herbsten ist letzteres oft von den gefürchteten kalten Mistrals heimgesucht. — Von den Westküsten der Continente behauptet Pauly (nosologische Klimatologie), dass ihre Winde den Bewohnern besondre Kräftigkeit verleihen. —

Die mit der Betrachtung der Seeklimate in enger Verbindung stehende Schiffshygienik haben unter Andern Fonssagri-

ves, Saurel, Marroin, Huillet behandelt, jedoch der Sache entsprechend überwiegend im Jnteresse der pflichtigen oder berufsmässigen Schiffsmannschaft, für deren Gesundheitsverhältnisse die Schädlichkeiten im Schiffe, die Lebensweise und der Dienst sicher ebenso einflussreich sind, wie die Seeluft, oder doch deren an sich heilsame Effecte stark in Schatten stellen. Auch den Kranken gegenüber, bei denen doch wohl nur in den ersten Stadien des Leidens überhaupt an eine derartige therapeutische Zumuthung gedacht werden kann, dürfte die Unannehmlichkeit, wenn nicht gar Gefährlichkeit der von einer Seereise unzertrennlichen Nebenumstände wenigstens auf solang die Realisirung der hygienischen Hoffnungen höchlich erschweren, als nicht schwimmende Sanatorien zum ausgesprochenen Zweck errichtet und ins öffentliche Vertrauen eingebürgert sind. Unter dieser Voraussetzung wären die Kranken allerdings in der Lage, die klimatischen Vorzüge der See von erster Hand und in unverfälschter Reinheit zu geniessen, bis dahin aber sind sie auf die Küsten angewiesen, wo jene zwar einigermassen abgeschwächt erscheinen, dafür aber untermischt mit den wohlthuenden Nebeneinflüssen der Vegetation, der activen Bewegung des Körpers auf festem Boden und des häuslichen Comfort. Dabei ist die klimatische Verschiedenartigkeit der Regionen gross genug, um eine dem besondren Fall zusagende Auswahl und Abwechslung zu gestatten. Der erfahrene Klimatograph Biermann unterscheidet die Küsten grösserer Continente mit kleinerem Feuchtigkeitgehalt, grösseren Wärmeschwankungen, stärkerem Windwechsel, von mehr anregender als beruhigender Einwirkung, wie die Riviera di ponente, Malaga, Algerien; die Inselklimate mit grösserer Feuchtigkeit, kleinerer Wärmevariation, schwächerem Wind, wie Ajaccio, Palermo, und solche mit beträchtlicher Feuchtigkeit, geringstem Wärmewechsel, und sehr schwach entwickelten Localwinden, wie Madeira, dessen Einfluss den am meisten sedativen, am wenigstens roborirenden Charakter trägt. — Als ausgezeichnet insularklimatisch qualificirt werden die nur leider in der thatsächlichen Benützung für die meisten Europäer völlig ausser Ansatz bleibenden Eilande des stillen Oceanes gepriesen, worunter Hawai aus der Gruppe der Sandwich's eine wunderbare Gleichmässigkeit der klimatischen Factoren darbieten soll. Wenn dahin wirklich der Reisezug der Leidenden gelenkt würde, dann hätten diese freilich nebenbei Zeit und Gelegenheit genug auf der Hin- und Herfahrt vom reinen Seeklima zu profitiren, aber auch jene eigenthümlichen Schädlichkeiten an ihrem vulnerablen Leibe zu erproben, deren Complex zum Begriff eines specifischen Schiffsmiasma's Eduard Schwartz auf der Fregatte Novara seine Aufmerksamkeit

zugewendet hat; es scheint local differente Wirkungen zu haben, indem in heissen Gegenden vornehmlich inter- und remittirende Fieber, Gelbfieber, Cholera, Ruhr und Typhus, auf dem Mittelmeer Bronchiten, Mandelbräunen, Magenstörungen, Rheumatismen, Ischias und ähnliche Neuralgien dadurch (?) hervorgerufen werden. Uebrigens müssen hier verschiedene ungünstige Momente zusammenwirken, denn für gewöhnlich wird dies angebliche Miasma von den heilsamen Kräften der Seeluft so sehr übertroffen, dass nach uraltem Gebrauch der Einwohner von Ceylon die Leidenden schon durch den blossen Aufenthalt auf an der Rhede liegenden Schiffen Linderung ihrer Beschwerden suchen. —

Die Höhenklimate erfuhren durch Jourdanet eine eingehende Untersuchung, zunächst in Mexico, dann überhaupt betreffs des organischen Verhaltens in verdünnter Luft und der darauf gegründeten aërotherapeutischen Eingriffe. Gewiss mit Recht spricht er der Bergluft alles eigentlich Specifische ab, sofern darunter eine besondre chemische Zusammensetzung oder gar eine undefinirbare qualitas occulta gemeint sein wollte; demungeachtet bleibt ihr Charakteristisches genug im Bereich ihrer physikalischen Eigenschaften, wie hinsichtlich des geringen Luftdruckes, der relativen Trockenheit, der starken directen Insolation, des Ozonreichthumes; ob dasselbe aber in den Wirkungsarten so bestimmt sich abgrenzen lässt, wie es Jourdanet thut, möchte ich bezweifeln. Nach ihm ist bis zu 500 Meter Höhe der auf Vermehrung der Kohlensäure-Abscheidung und Verbesserung der Blutbereitung beruhende Totaleffect tonisch; bis 1000 m Höhe beruhigend, also nicht für entkräftete, sondern durch Arbeit oder Leidenschaften aufgeregte Menschen geeignet; die Höhe über 2000 m, welche nur für Brustleidende mit Ausschluss von Schwerkranken passt, wirke antiphlogistisch, beruhigend, doch mit der Zeit schwächend. — Wuillot findet in dem besagten Lande den Einfluss der Höhenluft schwächend, so dass Anämie den localen pathologischen Charakter bildet und jegliche Krankheit durch allgemeine Hinfälligkeit complicirt wird. Dem ist entgegenzuhalten, dass die an den niedren Luftdruck gewohnten Eingebornen nicht bloss keine namhafte Beeinträchtigung ihrer Lebenskraft verrathen, sondern vielmehr ebenso sehr zu den ermüdendsten Vergnügungen, wie zu den angestrengtesten Arbeiten befähigt sind. Dagegen mag jene anämische Alteration des Organismus oder vielmehr einzelner Theile desselben an der Bergkrankheit (in den Anden: Sorocho, Puno, Mareo etc., in Hochasien Kharab-Haua) participiren, welche in einigen Symptomen eine seltsame, allerdings nicht weiter ausspinnbare Analogie mit der Seekrankheit darbietet. Ihre vieldeutigen, nicht überall gleichen Erscheinungen, wie Kopfweh, Athmungsschwierigkeit, Appetitmangel, Apathie, Nasen- und Haut-

blutung, was Alles durch Ruhe und beim Abwärtssteigen sich Zauberschnell verliert, darf kaum allein auf Rechnung des verminderten Luftdruckes gesetzt werden; sondern neben der Anstrengung und den häufigen Anlässen zur Schwindelerregung betheiligen sich daran mehrere meteorische Eigenschaften der Atmosphäre: Die Kälte, der Wind, vielleicht veränderter Ozongehalt und am wahrscheinlichsten die verstärkte Insolation und damit in Verbindung stehende auf Schneeflächen oder sterilen Felswänden zum Unerträglichen gesteigerte blendende Lichtfülle. Die Beleuchtungsreflexe des wogenden Wassers, der Schwindel und das Gefühl der Unsicherheit haben vermuthlich auch Einfluss auf das nur andeutungsweise herbeigezogene Leiden zur See, welchem bald Anämie, bald Störung des sympathicus zu Grund zu liegen scheint. Im Interesse der Bergkrankheit sind Lortet's Beobachtungen bei einer Montblanc Besteigung werthvoll. Die Pulszahl 64 blieb bis zu einer Höhe von 12880′ ohne Aenderung, stieg dann bis 14580′ hinan auf 170 unter verkürzter Inspiration. Nach zweistündiger Ruhe auf dem Gipfel verschwand jegliche Störung; auch die Körperwärme hob sich dabei wieder, nachdem sie vorher für je 1000 m Erhebung eine Erniedrigung um je 1° C erfahren hatte, angeblich weil bei der Anstrengung des Steigens zu viel Wärme in mechanische Kraft umgewandelt worden wäre. Die Thatsache dieses, auch von Marcet behaupteten, Wärmeverlustes wird indess von Forel und Allbutt nicht nur nicht bestätigt, sondern in eine Vermehrung der Wärmebildung um ungefähr $1\frac{1}{2}$° C umgestaltet. Es lässt sich erwarten, dass überhaupt die Einwirkungen der höheren verdünnten Atmosphäre beim Bergsteigen nicht rein zu Tag treten, sondern durch die schwere Körperthätigkeit verhüllt und modificirt werden. In gleichem Sinne bei Luftfahrten veranstaltete Beobachtungen sind zwar auch von vielen Fehlerquellen umgeben, versprechen jedoch brauchbarere Ergebnisse. Glaisher constatirte desfalls, dass noch in der Höhe von einer geographischen Meile eine nothdürftige Angewöhnung an den niedren Luftdruck möglich ist, obwohl anfangs schon tiefer Uebelbefinden, Blaufärbung der erkaltenden Extremitäten, Frost, Eintrocknung der Mund- und Rachenschleimhaut, unüberwindliche, in ihren Folgen voraussichtlich lebensgefährliche Schlafsucht sich einstellen. Eine von 76 auf 110 steigende Pulsbeschleunigung fand Tissendier sphygmometrisch nicht bestätigt, vielmehr in den späteren Stadien eine Verlangsamung der vielleicht anfänglich nur durch die Gemüthsbewegung bei der Auffahrt gehobenen Circulation. Jenseit 36672′, von wo ab wegen Beschädigung der Barometer keine Messung mehr möglich war, stellte sich Lähmung einiger Glieder und bei einem Individuum 7 Minuten währende Bewusstlosigkeit ein, deren schwerere Folgen wohl nur durch die sofortige, glücklicher Weise vom Begleiter gerade noch ausführ-

bare Einleitung der Rückfahrt hintangehalten wurden. — Vermuthlich sind die grossentheils über die meteorologischen Grenzen hinausfallenden schlimmen Einflüsse namhafter Luftdruckänderungen, welche sich auch an Pflanzen in Verlangsamung der Keimung äussern, ebenso sehr mechanischen als chemischen Gründen zuzuschreiben. In ersterer Hinsicht ist zwar eine specielle Verfolgung und Darlegung der zwischen der atmosphärischen Pressung, der Spannung innerer Gasansammlungen, und dem statischen, wie dynamischen Druck der Körperflüssigkeiten bestehenden Relationen zur Zeit unmöglich, das Zugeständniss aber, dass solche bei starken Variationen, wenigstens wenn sie schnell erfolgen, keineswegs für die Schicksale des Organismus gleichgiltig sind, wohl ein allseitiges. Wahrscheinlich wird zuvörderst das normale Gleichgewicht zwischen der internen tieferen und der äusseren oberflächlichen Blutvertheilung alterirt, was in einseitiger Be- oder Entlastung drüsiger Organe und in den functionell fast ebenso vom Druck als von der Ernährung abhängigen Stimmungen des Nervensystemes zum Ausdruck gelangt. In chemischer Hinsicht ist nicht sowohl der quantitative Mangel des Sauerstoffes zu beschuldigen, als der niedre Druck, unter welchem er steht und welcher ungenügend ist, das für die Oxydationsprocesse des Lebens nothwendige Volum und Gewicht des Gases dem Blute einzuverleiben. Wie die oben erwähnte Verzögerung der Pflanzenkeimung in zu dünner Luft theilweise durch Sauerstoffzuschuss ausgeglichen werden kann, so wären wohl auch bis zu einem gewissen Grad die Menschen und Thiere in verdünnter Luft betreffenden Zufälle, unter denen Irving de Lisle schon bei verhältnissmässig geringem Barometerfall heftigen, besonders an der Stirne localisirten Kopfschmerz nervöser Personen und Bert verminderte Sauerstoffcapacität des Blutes hervorhebt, durch künstliche Sauerstoffzufuhr ebenso zu lindern, wie umgekehrt in comprimirter Atmosphäre der wegen Uebermass der Spannung vergiftende Oxygengehalt durch Stickstoffbeimischung eine heilsame Moderirung seiner Angriffe erfährt. Weiter die im Allgemeinen dem Organismus besser als das Gegentheil behagende, die Energie seiner wesentlichen Lebensthätigkeiten steigernde, nur bei allzuplötzlichem Wechsel der Druckwerthe nachtheilige Einwirkung verdichteter Luft zu verfolgen, halte ich für unpassend, weil die am Meeresspiegel oder selbst unter der Erdoberfläche klimatisch oder meteorologisch in Betracht kommenden allerhöchsten Barometerstände in den organischen Folgen immer noch ins Bereich der physiologischen Breiten fallen, künstliche Compressionen einer abgeschlossenen Atmosphäre aber nach den damit verbundenen Zwecken der Technik oder der speciellen Therapie angehören. Es genügt in letzterer Hinsicht zu erwähnen, dass Lange zur Behandlung der Phthisiker dringend com-

primirte Luft empfiehlt, während die verdünnte Luft, welcher Brehmer in Görbersdorf eine heilende Einwirkung auf Tuberkeln zuschreibe, offenbare Verschlimmerung derselben ihm gezeigt habe, sonach etwa doch eingetretene Besserung leichterer Fälle durchaus fremdartigen Factoren zugeschoben werden müsse. Auch Goltz bezweifelt von der Bergluft, ob sie der Lunge durch kräftige Ventilation nütze; von unbestrittenem Werthe sei nur der mit dem Aufenthalt und der Lebensweise im Gebirg nothwendig verbundene Einfluss einer regeren Respirationsgymnastik. — Von Davos, dem nicht ohne Mitwirkung secundärer äusserlicher Momente schnell berühmt gewordenen 4790′ hoch gelegenen Höhenasyl für Lungenschwindsüchtige weiss Redtel mehr Schatten - als Lichtseiten aufzudecken, indem die höchst ungleich meteorisirten Winter leicht Catarrhe hervorrufen, und die Zeit der Schneeschmelze geradezu gefährlich für das Leben der Kranken ist. Dagegen wird von Waters die intensive Sonneneinstrahlung gerühmt, welcher zu verdanken ist, dass der Kranke auch im Winter zahlreiche Tage zum Sitzen im Freien zur Verfügung hat, nämlich durchschnittlich im November 11, December 23, Januar 15, Februar 12, während in dieser ganzen Periode er höchstens in 29—44 Tagen ganz ans Haus gefesselt ist. Bei dieser Gelegenheit verdient das verdienstvolle Unternehmen Schildbach's beifällige Erwähnung, für Winterasyle überhaupt der klimatisch-hygienischen Beurtheilung eine Grundlage zu verschaffen durch Classification der Curtage nach ihren Witterungseigenschaften, wobei indess die grösste locale Vorzüglichkeit weniger durch die Mehrzahl warmer Mittagstunden als von der möglichsten Gleichmässigkeit der Temperatur der ruhigen Luft bedingt werde. Zu Davos fällt nun diese Voraussetzung in einigen Monaten, besonders während des März völlig fort; dann unter der Herrschaft Schnee schmelzenden feuchten Südwestwindes, wie auch bei Anfang des Aufenthaltes, zumal wenn er in der ungünstigen Jahreszeit begonnen wird, sind Lungenblutungen in hohem Grade zu befürchten. Nach allmäliger Gewöhnung aber bekommt die frische Luft den Athmungsorganen sehr wohl. Dies behaupten auch andre Verehrer der Aerotherapie oder Atmiatrie, wie ihr rüstiger Vorkämpfer Paul Niemeier sich ausdrückt. Die Phthisis vornehmlich als sociale Krankheit auffassend wünscht er eher eine Cultur- als Höhenimmunitätszone aufgezeichnet, im Uebrigen aber frische und reine Luft als Universalheilmittel kranker Lungen gebraucht. Wenn hierauf Alles ankommt, kann selbst ein excessives Klima bei geschützter Lage und genügender Insolation die Bedeutung einer atmiatrischen Besserungsanstalt gewinnen. Keinesfalls ist die frische, mässig temperirte, nur reine und natürlich nicht stürmische Luft den Lungen so schädlich, wie die ältere ängstliche Luftabsperrtheorie besorgte, wenn

aber Peters den Phthisikern direct empfiehlt, einen künstlichen Refrigerator zur Kühlung der Athmungsluft vor den Mund zu nehmen, was Langenbeck 1865 wie mir scheint mit mehr Recht Fiebernden zur Milderung der Hitze gerathen hatte, wird man doch nicht übersehen dürfen, dass ein in seiner Oekonomie schon gefährdeter Organismus durch äussere Wärme im Stoffwechsel geschont wird, während die Kälte zur Ausgleichung eine erhöhte Thätigkeit der organischen Kräfte erheischt, welche unter günstigen Umständen die Lebensenergie erregen, aber auch einen rascheren Verbrauch ohnedem bedenklich geschwundenen Vitalmateriales veranlassen kann. Allen Vortheil darf man demnach wohl nicht in der directen physikalisch-chemischen Einwirkung des Athmungsmediums suchen; ein grosser Theil jenes kommt vielmehr auf Rechnung erhöhter Innervation (Biermann) oder der gehobenen Circulation und beschleunigten, überhaupt gymnastisch gestärkten Athmung (Brehmer), obwohl in letzterer Hinsicht Lange mittels eines besondren Messinstrumentes fand, dass verdünnte Luft die wirklichen respiratorischen Thoraxexcursionen fast unverändert lässt, nur dass die Athmung oberflächlicher und häufiger, in verdichteter Luft tiefer und seltener wird. — Als wärmste Alpenstation gilt Bormio 4500′ hoch, gegen östliche und nördliche Winde geschützt, mit 68 prc. Feuchtigkeit im Winter. Im Engadin halten die gerade im Süden liegenden höchsten Berge zu viel Sonne ab; Geinitz bemerkte hier an den Patienten Vermehrung des Herzschlages durch geringfügige Bewegungen, dunklere Pigmentirung der Haut, Wachsthum der Muskulatur, anfangs Unruhe bis zur Schlaflosigkeit später Beruhigung und Kraftgefühl. Ein schnellerer Verbrauch des Lebensmateriales im Höhenklima ist zweifellos, denn die in den Bergen bei Gastein, welches selbst 3000′ hoch, gegen Süden dem Regen offen, Nervenleidenden empfohlen wird, beschäftigten Arbeiter werden bei 6000′ Höhe ihres Standortes durchschnittlich nach 30, bei 7500′ schon nach 20 Jahren dienstunfähig, wenn auch durch angemessene Kost die grössere Anstrengung oder Consumtion auszugleichen versucht wird. In dieser Hinsicht ist bemerkenswerth, dass bei allen Bergbewohnern und Steigern der Speck in einem Fleisch- und andre Speisen weit übertreffenden Ansehen steht, was mit den energischen, das eigene Fett des kräftig reagirenden Organismus oberflächlich wenigstens fast ganz aufzehrenden Oxydationsvorgängen in offenbarem Zusammenhang steht. Da doch die dünne Luft der Höhe quantitativ entschieden arm an Sauerstoff ist, muss ein verhältnissmässig grosser Theil desselben in der allotropen Form des Ozones vorhanden sein, zu dessen Erzeugung vermuthlich die, von der intensiven Bestrahlung, welche Steinlin als Hauptbestandtheil der Bergtherapie hervorhob, in deren Folge lebhaftere Pflanzenfärbungen, aber auch Blasen an der Haut auftre-

ten, höchlich unterstützte äusserst rasche, nur im Frühling etwas gemässigte Verdunstung namhaft beiträgt.

Die in Deutschland zwischen 1200′ und 2500′ liegenden Subalpinklimate besitzen schon keinen reinen Höhencharakter mehr. Weniger Fels-, mehr bebauter Boden mit reicherer Vegetation, geringerer Strahlenreflex und auch verminderte directe Insolation, demnach sanftere Uebergänge der Temperatur zwischen Tag und Nacht, Licht- und Schatten-seite, viel atmosphärische Feuchtigkeit, reichlicher öfterer Niederschlag, ein mittlerer Grad des Ozongehaltes sind die Haupteigenthümlichkeiten, deren Gesammtwirkung von Biermann mehr tonisirend als excitirend bezeichnet wird. In den Anden, deren hautreizende bewegte Luft eine sehr ausgesprochene Höhenwirkung entfaltet, und im Himalaya kommt hier die Elevation zwischen 3000 und 6000′ in Betracht, welche, auch noch höher hinauf, die für Beamte und Truppen der Europäer in den Tropen sehr schätzenswerthen Gesundheitstationen aufnimmt. Ausgezeichnet darunter ist Kussouli in der Simlagruppe des Himalaya, 6400′ engl. hoch, durch dichte Nadelholzwälder besonders gesund, mit trockner reiner Luft ausserhalb der Niederschlagsperiode, welche freilich in Kurzem gegen 70″ Regenhöh liefert, und einer Temperatur, die in der Regel zwischen 5 und 22° C schwankt, in der Sonne aber zuweilen auf 50° C steigt. Während dies Sanatorium den überhaupt in dieser Richtung am meisten thätigen Engländern dient, besitzen die Franzosen unter Andcrm Camp Jacob, 550^{m} hoch, auf Guadeloup oberhalb des cultivirten Landes, an der Waldgrenze, entrückt der Sumpfluft, und die Reconvalescentenzeltlager Algier's.

Es ist unverkennbar, dass wenigstens Anfangs und in einzelnen Punkten einige Analogie zwischen den hygienischen Effecten der See- und Bergluft besteht, welche in der trotz anderweitiger Specialitäten des Charakters und der Lebensweise vielfach übereinstimmenden straffen Constitution, zähen Körperkraft, frischen Kühnheit und lebhaften Heimathsanhänglichkeit der anscheinend auf die Gegensätze der terrestrischen Architektonik angewiesenen Eingebornen ihr typisches Vorbild findet. Eine wissenschaftliche Vergleichung der besagten Einflüsse ist, wie sich bei der Wichtigkeit der Frage erwarten lässt, mehrmal, in der Hauptsache mit ziemlich gleichen Erfolgen, angestellt worden. Braun (Berlin 1865) schreibt nur der Seeluft nachhaltige Beschleunigung des Stoffwechsels zu, welcher in der Bergluft anfänglich angeregt mit der Zeit eine Verlangsamung erfahre; deshalb steige dort die Esslust dauernd als Zeichen wirklichen Bedürfnisses, hier höchstens im Anfang unter den noch ungewohnten Verhältnissen; die Absonderungen werden an der Küste vermehrt, auf den Bergen gemindert, das Körpergewicht steigt dort und sinkt hier. Die niedre gleichmässige Wärme, der hohe Luftdruck, die grössere Dichte der See- und Küsten-Atmosphäre haben im Gebirg

beträchtlichere Temperatursprünge, niedren Barometerstand, bedeutende Dünne des Athmungsmediums gegenüberstehen, und das im letzteren Falle besonders hoch veranschlagte Ozon fehlt auch da nicht, wo die vom Wellenschlag erschütterte und durchfeuchtete, mit Salztheilchen und Haloidverbindungen geschwängerte Luft jene therapeutischen Wunder verrichtet, welche gewiss nur zum kleineren Theil dem, von extremer Seite wohl übertrieben gänzlich perhorrescirten Bade im Meerwasser zufallen. Dem gesunden Organismus wird See wie Berg in ihren psychisch gleichermassen als physisch anregenden Eigenthümlichkeiten zusagen, für den Kranken sind die klimatischen, wie sonstigen Indicationen ohnedem nicht nach einem allgemeinen Schema aufstellbar, im Ganzen aber darf man annehmen, dass der Aufenthalt an der See zur Erzielung gleich intensiver ähnlicher Wirkungen dem Organismus mehr Passivität gestattet, als auf den Höhen, wo er einer gewissermassen in ihrer Ersteigung symbolisirten grösseren Anstrengung der Reaction bedarf. — *Biermann* nennt *Alpen und See entgegengesetzte klimatische Heilmittel*, welche doch vielfache Aehnlichkeit haben. Der Boden ist dort compacter Fels aus Granit oder Kalk, hier Sand, in beiden Fällen also trocken. Die Bewohner beider Regionen pflegen gut entwickelte Muskulatur und weite wohlgebaute Brustkörbe zu besitzen, doch ist im Allgemeinen die Körperconstitution am Meere kräftiger und zäher. Von dem starken Luftdruck und der Wasserdunstsättigung wird die Expansion der Körperoberfläche (?) und die Gasentwicklung beschränkt, daher die Athmung vertieft, aber gleich dem Herzschlag verlangsamt. Das bewegte Wasser mit seinen mechanischen Eindrücken und den wunderbaren Lichteffecten wirkt auf daran ungewohnte Nerven und Sinnesorgane zunächst erregend, sogar beunruhigend, bald aber sedativ. Kleine Temperaturschwankungen, constante Winde, gute Ableitung der Elektricität, besonders der negativen (der Ableitung positiver Elektricität findet *Bickerton* hohe Temperatur günstiger) Schwängerung der Luft mit Salztheilchen, durchschnittlich auf eine Höhe von 200′ und eine Längenerstreckung von 1200—1500′, werden als weitere Annehmlichkeiten des *Seeklima* angegeben, welches unter allen Klimaten das am meisten charakteristisch in sich abgeschlossene und gleichmässigste ist, im Ganzen eine *beruhigende* wie *stärkende Gesammtwirkung* entfaltet, die Oxydationsprocesse des Organismus, hiemit auch die Thätigkeit und die in der Esslust sich meldenden Ansprüche der Digestion steigert, ohne dass hiezu Beinträchtigung der Ruhe und Verbrauch von mechanischer Kraft nöthig ist (*Flügge*), trotz Beschleunigung des Stoffwechsels das Körpergewicht wenigstens dann vermehrt, wenn keine Bäder gebraucht werden, und auch da noch vortheilhafte Anwendung leidet, wo, wie bei Herzfehlern, das *Gebirgsklima* entschieden contrain-

dicirt ist. Wo letzteres nicht der Fall ist, müsste eine Verbindung alpiner und maritimer Einflüsse von vorzüglich günstiger Wirkung sein, was freilich nur auf wenigen Inseln geschehen könnte, am reinsten und schönsten etwa auf Teneriffa, wo in der That die Höhengrenze der Phthisenimmunität viel tiefer gefunden wird, als in ihrem sonstigen, freilich an sich nicht ganz zweifellosen Verlauf. — Sehr merkwürdig ist die rasche Abkühlungswirkung, welche Beneke experimental an der, durch ihren Wassergehalt thermisch gut leitenden, Seeluft auch dann wahrgenommen hat, wenn sie eine verhältnissmässig hohe Temperatur besass. Indem er theils nackte, theils mit Flanell überzogene Flaschen voll warmen Wassers dem Luftzug unter verschiedenen Verhältnissen aussetzte, ergab sich, dass ein Wärmeverlust von 10° C am offenen Zimmerfenster binnen 48, vor dem Hause in 27, am Strand in 17 Minuten stattfand, während vergleichsweise derselbe Effect im Hochgebirg binnen 64 bis 94 Minuten erzielt wurde. Jene natürlich auch dem Organismus nicht ersparte Wärmeentziehung stärkt einmal durch unmittelbare Erregung von der Haut aus die Nerven und fördert weiters wegen des nothwendig werdenden Ersatzes den Stoffwechsel. Dazu ist das Baden im Meere bei vielen Fällen nicht nur nicht nöthig, sondern eher schädlich. Hiedurch erweitert sich die dem Küstenaufenthalt gewidmete Zeit, weil, wenn die Benützung des Wassers in den Vordergrund tritt, dessen Maximalwärme im Spätsommer und Herbst in der Regel gern abgewartet wird, zu klimatischen Luftkuren aber oft schon der Mai oder spätestens der Juni günstige Bedingungen bringt, ferner auch die Verwendbarkeit der betreffenden Elemente zu Heilzwecken sowohl hinsichtlich vielfältiger Leiden, als für weitere gesellschaftliche Kreise. Es ist ein Verdienst Barella's zu Florenz, ein hygienisches Volksheilmittel, namentlich im Interesse der Skrofulose, in der Seeluft gesehen und empfohlen zu haben; in weiterer Verfolgung dieser Idee werden öffentliche und allgemeine Küsten-Sanatorien den von einsichtvollen Nationen im Gebirge gegründeten würdig zur Seite treten. —

Wenn im Vorstehenden das Klima der letzteren für deren Freunde vielleicht zu weit gegen das marine zurückgetreten erscheint, mag zur Ausgleichung der von den Thatsachen abhängigen Darstellung des österreichischen Primararztes Dr. Carl Haller Untersuchung über das Ozon der Gebirgsatmosphäre erwähnt werden, welche von der „Vermuthung“ ausgeht, „dass der wohlthätige Einfluss, den die Alpenkurorte auf die Anregung der Verdauungsorgane und die Kräftigung des Nervensystems ausüben, vorzugsweise dem reicheren Ozongehalte der Bergluft zuzuschreiben sei,“ und zum Ziele gelangt, dass bei voraussichtlicher Bestätigung der ozonreicheren Atmosphäre auf den Höhen durch fernere Beobacht-

ungen „innerhalb gewisser Grenzen dem Arzte und Naturforscher die Möglichkeit geboten werde, eine Reihe von Erscheinungen im Gebiete der Rassenbildung und des Vor- und Rückschreitens bestimmter Krankheits-Processe, wie sie dem aufmerksamen Wanderer im Gebirge fast unwillkürlich sich aufdrängen, in einen ursächlichen Zusammenhang zu bringen.“ Die Beobachtungen sind im Fuscher Bad 1179 m. hoch in der Tauerngruppe gelegen, angestellt, und mit denen der meteorologischen Central-Anstalt zu Wien verglichen. Im kalten und regnerischen Juli 1872 wurde hier der nächtliche Ozongehalt um 0.6° grösser, der tägliche um 2° kleiner gefunden, als auf der Höhe, woselbst im heitren und warmen Juli 1873 der Ozongehalt bei Tag und Nacht einen beziehlichen Ueberschuss von 2.6° und 2.3° zeigte. In einer Höhe von 2300 m. verhielt sich die Sache ungefähr ebenso, wonach für die Resultate am Fuscher Bad neben der absoluten Elevation die Lage im Centrum einer gewaltigen Alpenwelt massgebend erscheint. Aufschluss suchend über die Zeit, welche zur Hervorrufung einer befriedigenden Ozonreaction nothwendig oder doch von günstigstem Einfluss sei, fand der Forscher, dass dieselbe nicht zu kurz, am besten auf 8 Stunden, bemessen werden darf, woraus die häufig negativen Beobachtungs-Resultate der vielleicht gerade die einflussreichsten Regionen zu schnell durcheilenden Luftfahrten erklärlich werden und anderseits die Höhen-Ozon-Aufzeichnungen in der Regel, unbeschadet besondrer Expeditionen, auf bewohnte Orte, wie Rigi, Faulhorn, Wormser Joch, Schafberg etc. angewiesen sind. —

Nicht unerwähnt darf schliesslich bleiben, dass der regelmässige Wechsel, welchen die Küste zwischen See- und Land-Winden gewährt, auch im Gebirg sein Analogon in den Berg- und Thalwinden findet, in welcher Hinsicht als einen nachtheiligen Factor der orographischen Meteoration Richter die kalte Abendluft bezeichnet, welche an den Thalhängen herabsinkt gleich einem schweren Strom, die anscheinend geschützten, um diese Zeit aber den Kranken, ja selbst Gesunden einen bedenklichen Aufenthalt gewährenden Einsenkungen durchströmt und zuweilen auf Abdachungen die Obsternte gefährdet, welche auf der Höhe gesichert bleibt. Die Sache selbst hat Prof. Dr. Wittwer in Regensburg 1862 (Poggendorffs Annalen 116.) zum Gegenstand einer gründlichen Untersuchung gemacht, indem er von der Ansicht ausgeht, dass der Einfluss der Berge nicht bloss mechanisch, Dank der passiven Lage, den Windströmen besondre Wege anweist, sondern dynamisch Luftbewegungen hervorruft oder doch wesentlich modificirt, und zwar nach einem Schema, das dem thermischen und atmosphärischen Verhalten am Strande insofern analog ist, als die Berge, gleich Inseln, im Luftmeer emporragend während der stärkeren Insolation durch aufsteigende Ströme die Thalluft nachsaugen, welche in der Nacht erkaltet zurückfliesst. Dies stimmt mit

der wenigstens im Sommer der Regel nach constatirbaren Erfahrung zusammen, dass vom Morgen an die Zahl der gegen das Gebirge ziehenden Winde zu, gegen Abend abnimmt. Indem zugleich der in ostwestlicher Richtung geltend gemachte Einfluss des Sonnenlaufes berücksichtigt wird und überdies Vergleiche angestellt werden zwischen relativ niedren und hohen Punkten, wie München oder Bogenhausen, und Peissenberg, ergibt sich, dass die von der Tageszeit abhängigen Wärme-Unterschiede der Orte von verschiedener geographischer Länge Aenderungen der Ostwestwinde hervorrufen, welche in der Höhe wegen geringeren Temperaturwechsels kleiner ausfallen. Als Repräsentant der südlich von bedeutenden Gebirgzügen gelegenen Orte ist Mailand gewählt, welches in der That die entgegengesezten Verhältnisse Münchens darbietet, indem hier vom Morgen an die Nord-, dort die Südwinde zunehmen, im Uebrigen aber die Grösse der Schwankungen zu Mailand während des Winters grösser, im Sommer kleiner ist; als für München. An beiden Orten würde ohne die Gegenwart der Alpen die Projection eines herrschenden Windes auf die Meridianrichtung an regulären Tagen wenig verändert werden; bei ausschliesslichem Bestand eines Tag-Windes in den Alpen erführe der als gleich angenommene Morgen-Wind beider Stationen keinen Einfluss, weil ein solcher während der Nacht sich erschöpft haben müsste; wenn aber in dieser die charakteristischen Winde der Berge herabfallen, erzeugen sie in Bayern südliche, in Oberitalien nördliche Winde, welche zwar Nachmittags oft und entschieden genug in ihr Gegentheil umschlagen, um den selbständigen Einfluss des Gebirgetagwindes erkennen zu lassen, doch im Ganzen so sehr vorwalten, dass die montane Nachtwirkung als die stärkere ausser Zweifel gesezt wird. Als secundäre Folgen des Steigens und Sinkens der Bergluft erscheinen in der Spitzenregion Ausbreitungen und Zuflüsse der atmosphärischen Schichten, welche neben ihrer rein mechanischen Bedeutung zur Erhöhung der Regenmenge um so mehr beitragen, als sie nicht bloss das Verdunstungs-Material des umgebenden Flachlandes herbeitragen, sondern auch zur Mischung verschieden temperirter und saturirter Luftmassen (v. Sonklar) Anlass geben. — Bei dieser Gelegenheit sei an Berger's Betrachtungen über Wald und Witterung (Poggendorff: 124) erinnert, laut denen der Wald wie ein Gebirge oder eine Wasserfläche wirkt und den besonders am Morgen und Abend bemerklichen Luftzug bewerkstelligt; sind Abhänge und Höhen eines Thales bewaldet, so können die charakteristischen Thal- und Wald-Winde in entgegengesezten Richtungen wehen, denn bei Tag steigt jener bergauf, dieser aus dem Walde herab, der leztere erwärmt sich auf der unbewaldeten Sohle, steigt empor und sinkt abgekühlt durch die Laubkronen wieder herunter; zur Nacht wird die in Folge der reinen Montanwirkung herabgekommene kalte Bergluft

nicht nur nicht in den Wald hinaufströmen, sondern die in diesen heruntersinkende, über dem Laube erkaltete Luft wird vielleicht nach mehrmaligem Kreislauf erst in der Ebene zu einer Ruhe kommen, welche durch, mit der Tiefe zunehmende, Kälte verbürgt ist. Der abkühlende Einfluss einer kahlen Bergwand wird danach durch Bewaldung namhaft gesteigert. — Werfen wir mit Berger endlich einen Blick auf eine Wiese, deren freie Fläche für uns den Uebergang zum nächsten Gegenstand bildet. Bei Nacht strahlt ihr Bewuchs Wärme aus, wie die Laubkrone des Waldes, doch so, dass bei der verhältnissmässig kurzen Strecke vom Boden bis zu den Pflanzenspitzen eine geringe thermische Wechselwirkung zwischen Luft und festen Theilchen stattfindet und die davon abhängigen Bewegungen der ersteren langsam erfolgen; die Temperatur der Wiese ist bei Tag wie bei Nacht tiefer, als auf unbewachsenem Boden, nur dass im ersten Fall der Unterschied kleiner als zwischen Wald und Freiung sich herausstellt. Bewegungen der Luft an den ohnedem selten scharf markirten Wiesengränzen sind abgesehen von ihrer muthmasslichen Schwäche schon deshalb kaum nachweislich, weil die Adhäsion und Reibung an Boden und Pflanzendickicht ein gegenüber dem verfügbaren Bewegungstriebe nicht geringfügiges Hinderniss bereiten. Die direct kühlende Wirkung der Wiesenflächen haben v. Humboldt und Bonpland auf den Gras-Ebenen von Venezuela und in den Niederungen des Orenoco in wohlthätigster Weise doch nur wenige Fuss hoch (bei 27° C. 6′ darüber) gefühlt; ob sie aber mit den therapeutischen Erfolgen in Beziehung steht, welche in den jüngsten Tagen, übrigens nach uralten Erfahrungen, auf Steppen und Prärien für Erhaltung oder Wiedergewinnung der Gesundheit erzielt wurden, darf wenigstens nicht in einseitiger Betonung nur dieses Momentes behauptet werden, zumal eine reiche Vegetation niederen Charakters gar keine wesentliche Bedingung der Erscheinungen ist, welche eher mit der kräftigen Ventilirung durch die, weite Flächen von allen Seiten her ungehindert überwehende Luft, mit deren, wie des Bodens relativer Trockenheit und mit der, im gegensätzlichen Tages- und Nacht-Verlauf gleichermassen freien thermischen Strahlung in Zusammenhang zu bringen sind. Thatsache ist dass die ringsherum dem Lande eigenthümlichen Krankheiten namentlich fieberhafter Art hier fehlen, Schlaf, Appetit und Gemüthsruhe mit Kraftgefühl sich der besten Entwicklung erfreuen, Herzleiden gelindert, Lungen-Uebel, besonders bei etwas höherer Lage des Aufenthaltortes (die tibetanischen Hochebenen, in vereinzelten Erhebungen bis über 15000′ bewohnt, erscheinen gänzlich intact durch Phthise) gebessert oder doch in der Katastrophe verzögert werden, äussere Schäden und Wunden schnell und gut abheilen. Das Einzige, was zu weit herabgekommenen Kranken und empfindlichen Subjecten schaden kann, ist der zuweilen äusserst jähe Witterungs-

Wechsel und die geringe Bequemlichkeit der häuslichen Einrichtung wie der gesellschaftlichen Zustände. Demungeachtet ist es längst in Brauch, in den Scrubs Australiens Genesung von chronischen Leiden zu holen, die südamerkanischen Prärien sind vielfach als wahre Heimathstätten der Gesundheit gepriesen worden, und auf den Schwindsuchtfreien Kirgisensteppen werden mehr und mehr systematische Curen der Tuberkulose herkömmlich, deren Hauptwerth freilich Einige, indess wohl mit weniger Recht, im Genuss des Kumys suchen. In wie weit das Ozon an den fraglichen Heileffecten sich betheiligt, ist zwar zur Zeit nicht ausgemacht, doch darf, seit Zittel sein reichliches Auftreten in der Wüste mitten unter den anscheinend ungünstigsten Umständen nachwies, auch auf den sterilsten Flächen an dasselbe gedacht werden, indem es gerade da wenn nicht erzeugt doch durch die ungehinderte Wind-Einströmung beigebracht werden kann. Dabei wird allerdings der Wind selber Dank seinen mechanischen und anderweitigen Eigenschaften mehr heilsame oder schädliche hygienische Wirkungen setzen, als mittels des allenfallsigen Ozongehaltes. (Vom berüchtigsten, dem Sohn der Wüste, des Extremes der hier in Betracht gezogenen Ebenen, dem Chamsin beschreibt Schnepp folgende physiologische Einflüsse: die Lufthitze bei 40—45° C ist der anschwellenden leicht platzenden Haut um so empfindlicher, als alle Wasserdünste dem oberflächlich rapid vertrocknenden Körper förmlich ausgesaugt werden. Der kleine Sauerstoffgehalt der eingeathmeten dünnen Luft erhöht das respiratorische Bedürfniss und beschränkt die Bluterfrischung, vornehmlich die Kohlensäure-Abgabe, in dessen Folge venöse Blut-Anhäufungen und Erschlaffungen der Gewebe auftreten, welche selbst dem Gesunden gefährlich sind, an Tuberkulösen aber tödliche Blutstürze hervorrufen können.) —

§. 413. Wenn schon, abgesehen von kürzeren gelegentlichen Bemerkungen 1773 Lind die von Europäern in heissen Klimaten zu ertragenden Krankheiten und fünf Jahre später Clarke die Leiden, welche man auf langwierigen Reisen dorthin zu bestehen hat, ziemlich ausführlich beschrieb, welch letzteres Thema mehrere Jahrzehnte früher Cockburn behandelte, während einschlägige Arbeiten von Bontius und Piso über Batavia und Brasilien in die Mitte des siebzehnten Säculums zu verlegen sein dürften, ist doch theils wegen vermehrter Beschäftigung mit den zu Grund liegenden Elementen überhaupt, theils wegen der erst in der neueren Geschichte der Auswanderung zu wirklich socialer Bedeutung gediehenen Akklimatisations-Frage die Erforschung der Tropenklimate als ein Gegenstand der jüngeren wissenschaftlichen Thätigkeit zu bezeichnen. Von hervorragender Bedeutung sind die Schriften: Boudin, recherches sur l'acclimatation des races humaines sur divers points du

globe (Paris 1860); Ranald Martin, influence of tropical climates in producing the acute endemic diseases of Europeens (London 1861); Dutroulau, traité des maladies des Européens dans les pays chauds (Paris 1861); Moore, Health in the Tropics (London 1862); Gaston influence des climats de la zone tropicale sur les Européens et préceptes d'hygiène a l'usage de tous les Européens qui vont habiter cette zone (Montpellier 1862); Romain, essai sur l'acclimatation humaine (Paris 1863); Sanchez, Akklimatisirung der Spanier auf Cuba. — Im Allgemeinen wird anerkannt, dass ein völlig einheitliches, einfach und bestimmt charakterisirbares Tropenklima nur ein Abstraction der verschiedenartigsten Meteorations-Charaktere ist, welche innerhalb der Wendekreise je nach localen Umständen vorkommen, und hygienisch bloss das gemeinsam haben, dass nie die Luft an sich, so heiss sie sein mag, etwas specifisch Schädliches in sich trägt, sondern erst unter Mitwirkung der Feuchtigkeit und deren Beziehungen zu Boden oder dessen organische Imprägnationen Krankheitskeime ausbrütet, welche vielleicht unter mässigeren meteorischen Einflüssen unschädlich geblieben oder mit milderen pathogenetischen Folgen ausgestattet wären. In wie fern eine Angewöhnung an unzweifelhafte, dem Klima immerhin wenigstens secundär eigenthümliche Schädlichkeiten möglich ist, muss verschieden beantwortet werden, je nachdem man mit Dutroulau die meteorologische, hygienische oder pathologische Seite in den Vordergrund stellt. In ersterer Hinsicht gibt es tropische Gegenden ebenso gut von fast absolut mörderischem Charakter, wie Cayenne oder die afrikanischen Küsten- und Sumpf-Regionen, als von so gesunder klimatischer Beschaffenheit, wie die kleineren Südsee-Inseln oder zum Theil die La Plata Staaten, dass jeder nur sonst normale Organismus eine beliebige Uebersiedelung verträgt und sich daselbst aufs Beste befindet. In der zweiten Beziehung entscheidet die Befolgung gewisser Vorschriften über Wohl und Wehe des Einwanderers; er komme nicht zur Regenzeit, wähle eine hochgelegene trockne Wohnung, schütze sich vor der Sonne, unter deren directen Strahlen zu arbeiten, möglichst vermieden werde, und fliehe diätetische Excesse, zumal im Genuss reizender und lieblicher aber ungewohnter Früchte, doch auch des keineswegs mit prophylaktischen Gaben ausgestatteten Alkohol und seiner vaterländischen oder, meist noch gefährlicheren landesüblichen, Abkömmlinge. In dritter Linie ist eine vollkommene und bleibende Abstumpfung gegen endemische Erkrankungen unmöglich, doch aber durch längeren ununterbrochenen Aufenthalt relativ erwerbbar, zumal wenn die wie es scheint nicht gleichgiltige, den einzelnen Processen gegenüber verschiedentlich widerstandfähige oder empfängliche Raçe und die Körper-Constitution günstige Bedingungen stellt. — Chassanniol zählt als Hauptschädlichkeiten der Tropen auf: hohe Temperatur

mit starken Schwankungen in Tag und Nacht, reichliche Elektricität, grelle Beleuchtung, heftiger Bodenreflex der Sonnenstrahlen, stürmische Schwankungen des atmosphärischen Gleichgewichtes, massenhafte Bodengasbildung. Durch Eintreffen nach der Periode der stärksten Hitze, wie der heftigsten Regen, Aufschlagung der Wohnung mit mindestens 1 m. hoch über dem thunlichst trocknen und reinen Boden schwebender Bretterung, Vermeidung der höchsten Tagestemperatur-Extreme, Reinlichkeit und mässige Diät können die Einflüsse auch von Fremden mit Erfolg bekämpft werden, wenngleich nicht zu läugnen sei, dass Stockungen in der Leber- und Darm-Thätigkeit, Erschlaffung des allgemeinen vitalen Tonus, Störungen im Mechanismus und Chemismus der Athmung, grosser Wasserverlust und erschwerte Regulirung der Eigenwärme dem Organismus Zumuthungen stellen, welche zwar oft durch allmälige Accommodation zu einer neuen Aequivalenz der Functionen verarbeitet werden, ebenso oft aber die Folgen ungenügender Anpassung sogleich oder auch erst bei der die umgekehrten Ansprüche erhebenden Rückkehr in altentwöhnte Verhältnisse hervortreten lassen. — Caradee hält erhöhte Eigenwärme, Häufigkeit des Pulses und der Athemzüge, sowie nervöse Aufregung nur für Anfang-Symptome des neuen Tropen-Einflusses, während nachher Erschlaffung und verfrühte Alterung eintrete. Derselbe betont die bleibenden klimatischen Einwirkungen auf die Eingebornen, welche in trockenheissen Ländern zu ruhelosem energischem Nomadenleben, in feuchtwarmen zu schlaffer Ruhe hinneigen. — Die an erster Stelle erwähnte Körperwärme fand Davy um ungefähr 1.7—1.9° C höher als in der Mittelwärme der gemässigten Zone (bei 5.6°: 36.1° C) und Mestivier die Harnwärme von in den Tropen reisenden Europäern um 2.3° C gesteigert, namentlich bei raschem Uebergange in höhere Hitzegrade, und zwar schneller, als der Rückgang auf der Heimreise erfolgte. — Die Akklimatisirung in heissen Ländern betrachtet Reimer als gelungen, wenn der Herzschlag ruhig und langsam, die Athemfrequenz mässig, die Verdauung befriedigend, die Thätigkeit der Absonderungs-Organe eher träg als zu lebhaft, die Nerven-Reizbarkeit abgespannt worden ist. — Einen bedenklichen Ausspruch wagt Saint-Vel, wenn er die nervösen Affectionen, die starke Hautthätigkeit, die schlechte Blutbereitung und die galligen Reiz-Zustände, welche im Tropen-Rayon den Europäern selten erspart bleiben, weniger den atmosphärisch-meteorischen Processen, als der Bodenbeschaffenheit zuschreibt, insbesondere vom vulkanischen Untergrund die Ruhr, vom Alluvialboden die Wechselfieber herleitend; selbst in letzterer noch wenigst bestrittener Hinsicht wird bezweifelt, ob die betreffende Bodenformation einschliesslich der Unterstützung durch die üppige Vegetation und die feuchte Wärme der heissen Zone im Stande sei, Fieber-Miasmen zu erzeugen,

wenn nicht einerseits specifische organische Zersetzungs-Processe stattfinden, und anderseits mangelhafte Ventilation, also ein ungünstig meteorisirtes Windsystem in der stagnirenden Luft die Anhäufung vergiftender Elemente gestattet. —

In dieser, soweit die Zugänglichkeit des Stoffes mir gestattete, die Hauptentwiklungs-Phasen der medicinischen Meteorologie verfolgenden Abtheilung musste, da eine rein formale Darstellung des Verlaufes ohne das entsprechende Material gleich unverständlich wie unbrauchbar erschiene, Vieles vorgebracht werden, was der systematischen Anordnung des Stoffes zu Liebe, welche von einer vorwiegend historischen Betrachtung doch wohl nicht ganz ersetzt wird, unter thunlichster Veränderung oder Erweiterung des Gesichtpunktes wiederholt auftritt. —

2. Die Elemente des Klima und der Witterung.

§. 414. Wenn von gutem und schlechtem Wetter, von mildem und rauhem Klima gesprochen wird, sei es im gewöhnlichen Sinne der gesellschaftlichen Unterhaltung, sei es selbst unter allgemeinerer Berücksichtigung hygienischer und ärztlicher Interessen, so denkt man dabei immer mehr oder weniger klar an eine Reihe äusserst vielfaltiger Erscheinungen, welche erst in ihrer Vereinigung und Zusammenwirkung die beiden obigen complicirten Begriffe darstellen. Dabei ist man wohl, doch mehr instinctiv als mittels wissenschaftlicher Begründung, geneigt, den Componenten eine ungleiche Wichtigkeit beizulegen, ohne dass man einen oder den andern derselben völlig entbehren möchte, was uns auch die Natur schon um dessentwillen nicht erlaubt, weil eine gegenseitige Consequenz die nur äusserlich und künstlich trennbaren Glieder eines gemeinsamen Processes hervorruft und verbindet. In der That! irgendwie entstandene räumliche oder zeitliche Wärme-Unterschiede führen zuvörderst zu Differenzen der Luftdichte, also zu Störungen des atmosphärischen Gleichgewichtes, dessen Wiederherstellung oder vielmehr fort und fort durch neue Anlässe nothwendig werdende Modification schwache und starke, reguläre oder variable Winde producirt; diese hatten je nach ihrer Temperatur, wie nach der Beschaffenheit der überwehten Landstriche verschiedentliche Gelegenheit, Wasserdunst aufzunehmen, dessen Existenz an sich das Athmungs-Medium eigenthümlich qualificirt und welcher einen noch deutlicheren meteorischen Einfluss in Gestalt der Niederschläge kundgibt. Es ist nicht möglich, aus dieser Kette von Ereignissen dieses oder jenes als entbehrlich herauszureissen oder auch nur als weniger bedeutsam in die zweite Linie zu verweisen; sie stehen und gehen überall und

allerwärts mit einander und höchstens insofern mag ihren unvermeidlichen Einwirkungen ein unterschiedlicher Werth zugeschrieben werden, dass je nach gelegentlicher Präponderanz oft aber auch nach individueller Empfindlichkeit, bald die Wärme, bald der Wind, bald der Regen den Haupt-Ausschlag in der Beurtheilung des Witterungs-Charakters gibt, in welchem sogar die Elektricität eine zwar seltenere, keineswegs aber untergeordnete Rolle spielt, während der Luftdrück in der Regel am Wenigsten sinnenfällig der Empfindung sich aufdrängt, dafür aber desto stetiger und unentrinnbarer seinen Einfluss geltend macht, und desshalb dem ihn controllirenden Instrumente die specifische Bezeichnung eines Wetterglases erworben hat. Wird das ihm geschenkte populäre Vertrauen von der Wissenschaft namhaft eingeschränkt, so weiss doch gerade sie zerstörte Illusionen durch gediegenere Prophetien auf Grund der mit den Winden Hand in Hand gehenden Barometerschwankungen zu ersetzen, diese aber durch Vermittlung jener in den Kreislauf der meteorischen Vorgänge aufzunehmen, deren wesentliche Triebkraft die Wärme ist. —

A. Die Wärme.

a. Die Sonnen-Strahlung.

§. 415. Während im Ablauf der meteorischen Vorgänge und insbesondre für deren zeitliche und locale Modificationen durchweg die tellurischen Verhältnisse massgebend erscheinen und kosmische Einflüsse ausser Betracht bleiben, ist dies nicht möglich, wenn nach der Quelle der Wärme gefragt wird. Unbeschadet älterer Zustände, an welche nur noch geringe Spuren einer zurückgedrängten Thätigkeit erinnern, finden wir gegenwärtig die thermischen Eigenschaften unsres Planeten in vollständiger Abhängigkeit von der Sonne, welche hiemit auch die Mutter alles organischen Lebens und seiner Gesundheit genannt werden muss. — Die Entstehung der Sonnen-Wärme ist möglicher Weise, wenigstens unter der Form einer elektrischen oder besser mechanischen Hypothese, ein allgemein physikalisches, aber keinesfalls ein meteorologisches Problem. Vielmehr wird hier die der wahren Sachlage kaum entsprechende Voraussetzung gemacht, dass eine Constanz der betreffenden Kraft-Erzeugung wenn nicht in absolutem Sinne besteht, doch in relativ so wohl begründeter und weit reichender Weise, dass wir um sie unbekümmert die Aufmerksamkeit den secundären Folgen zuwenden können. Indem wir von diesen die wesentlichen Umstände aussondern, ergibt sich, dass der thermische Effect der solaren Einstrahlung bedingt ist:

1.) vom Winkel, unter welchem die als Strahlen symbolisirten Wellenzüge einfallen,

2) von der Dauer ihrer unmittelbaren Einwirkung,
3) von der Erwärmungsfähigkeit der getroffenen Körper,
3) vom solaren Abstand der letzteren.

In ersterer Hinsicht ist die Wärme-Mittheilung als eine Uebertragung von lebendiger Kraft aufzufassen, welche um so vollständiger geschieht, je weniger die Stossrichtung anprallender elastischer Körper, hier der schwingenden Aether-Punkte, von der senkrechten abweicht. Nach Form und Bewegungszuständen der Erde ist diese günstigste Incidenz unter räumlicher und zeitlicher Beschränkung nur einem Theil der Oberfläche gewährt, während alle ausserhalb der Wendekreise gelegenen Punkte sich mit einem schiefen Einfall der Strahlen begnügen müssen, welcher im Ganzen mit der Annäherung an die Pole eine immer schwächere Erwärmung gewährt. Wird diese für die Dauer eines Jahres am Aequator durch den Werth 12 ausgedrückt, so ist sie unter dem Wendekreis 11, zwischen dem 49. und 50. Breitegrad ungefähr 8, beim Polarkreis 6, am Pole 5. — Säculare Veränderlichkeiten der durch die Sonnen-Einstrahlung an der Erde bewerkstelligten Temperatur-Erhöhung sind nicht verschwindend und bei der genauen Kenntniss der tellurischen Bahn-Elemente wohl bestimmbar, spielen aber keine meteorologische Rolle und bleiben desshalb hier ausser Betracht. Dagegen fallen die jährlichen und täglichen Perioden der Insolation unter unsren Gesichtspunkt; jene sind am bemerklichsten, wo im Lauf des Jahres beträchtliche Veränderungen am Sinus der Sonnenhöhe, welchem die Intensität der Effecte proportional ist, vorgehen, was um so mehr der Fall ist, je weiter der hiemit nach den Differenzen mehr oder weniger scharf ausgeprägter Jahreszeiten klimatisch charakterisirbare Beobachtungsort vom Aequator gegen die Pole hin liegt; diese dagegen treten gerade in den heissesten Regionen am deutlichsten hervor, weil hier bei fast gleichbleibendem Sonnenstand nur ihre Anwesenheit oder Abwesenheit bei Tag und Nacht, und in geringerem Grad während des ersteren ihre Beziehung zu Horizont und Zenith massgebend sind. Natürlich fehlen diese Anlässe der Wärmeschwankungen auch in höheren Breiten nicht, aber sie werden in der Bedeutung zurückgedrängt von den viel grösseren thermischen Differenzen des Sommers und Winters.

Es ist klar, dass dies verschiedentliche Verhalten in der Periodicität des ersten meteorischen Elementes für das organische Leben nicht gleichgiltig sein kann. In der That sehen wir den regelmässigen Wechsel der landschaftlichen Scenerie wie aller tieferen mit der wachen oder ruhenden Vegetation in Zusammenhang stehenden Erscheinungen am meisten charakteristisch in der gemässigten Zone ausgeprägt, deren Bewohner darin ein Bild ihres eigenen wechselvollen, thatkräftigen, von der Natur immer wieder in frischen Kampf

verwickelten Lebens mit seinen, in Vergleich zu den Eingebornen der heissen und kalten Regionen zweifellos hoch entfalteten geistigen und moralischen Blüthen erblicken. Der Gesundheit ist diese Periodicität der tellurisch-solaren Beziehungen durchaus zuträglich, indem die mit Sicherheit auf den meteorischen Wechsel an sich beziehbaren Krankheiten an Zahl gering sind und in einem für uns sehr günstigen Verhältniss zu den den extrem temperirten Ländern eigenthümlichen stehen. Die Excessivität des klimatischen Hauptfactors findet in der Schwere charakteristischer Krankheiten gegenüber einem durch die Gaben der Natur verschwenderisch erleichterten Dasein, in der nur von kurzen, dann aber furchtbaren leidenschaftlichen Ausbrüchen unterbrochenen indolenten Ruhe, in der Fülle, Kraft und Farben-Pracht der thierischen und pflanzlichen Erzeugnisse sich wiedergespiegelt.

§. 416. Die genauere Betrachtung der jährlichen Folgen der Sonnen-Einstrahlung ergibt am Aequator zwei Maximalwerthe zur Zeit der Aequinoctien, zwei, zu jenen jedoch nur im geringfügigen Verhältniss von 9 : 10 stehende, minima an den Solstitien. Diese thermischen Termine verschieben sich allmälig gegen die Wendekreise hin, unter denen je ein maximum und minimum auf das erste und zweite Solstitium fällt. Von da bis zu den Polen bleibt es bei dieser Anordnung, aber der Temperatur-Unterschied und Abfall zwischen den Extremen wächst mit der Annäherung an die letzteren. Regulär continuirlich ist die Wärme-Abnahme vom Aequator gegen die Pole bloss zur Tag- und Nachtgleiche, wo dieselbe proportional dem cosinus der geographischen Breite, also anfangs langsam, dann immer schneller geschieht. In der übrigen Zeit wird die Sache dadurch complicirt, dass jetzt auch das zweite der oben erwähnten Momente, die Einwirkungsdauer, welche bei den langen Tagen der höheren Breiten diesen äusserst vortheilhaft ist, am Erfolge mitarbeitet. An der dem Sommer der betreffenden Hemisphäre entsprechenden Sonnen-Wende wächst die Wärmemenge des Tages bis ungefähr zum 36. Breitegrad, nimmt dann bis etwa zum 50.° ab, und steigt wieder gegen den Pol hin zu einem maximum, welches die unter dem Aequator binnen zwölf Stunden abgegebene Wärme fast um den vierten Theil übertrifft. Für das übrige Jahr sind die ziemlich verwickelten thermischen Verhältnisse von Halley, Lambert und Meech einer mehr theoretisch als praktisch wichtigen Untersuchung und Darstellung gewürdigt worden.

§. 417. Von den zwei andren namhaft gemachten Bedingungen der Insolation ist die letzte an sich zwar sehr bedeutungsvoll, indem der Grad jeglicher thermischen Wirkung in umgekehrtem Ver-

hältniss zum Quadrat der Entfernung von der Wärmequelle steht, aber bei den grossartigen Dimensionen, welche hier ein für allemal gegeben sind, haben die allerdings vorkommenden Veränderungen im solaren Abstand um so mehr einen verschwindenden Einfluss, als das dem Sommer der südlichen Hemisphäre zu gut kommende Perihel durch die gegenüber der nördlichen Halbkugel fast eine Woche betragende Abkürzung der wärmsten Periode ausgeglichen wird. — Desto wichtiger ist die in dritter Linie genannte Erwärmungsfähigkeit der betroffenen Substanzen, welche indess von so vielen Nebenumständen abhängt, dass ihre klimatische Bedeutung ganz genau gar nicht, und annäherungsweise bloss dann abgeschätzt werden kann, wenn erlaubt ist, auch anscheinend fremdartige Elemente zur Betrachtung herbeizuziehen. — Zuvörderst muss der enorme Einfluss der irdischen Atmosphäre auf die solare Strahlung hervorgehoben werden, deren Werth, an sich nur ein ausserordentlich kleiner Theil (etwa 1 : 238000000) der von der Sonne einer Kugelschale vom tellurischen Bahnradius gelieferten Wärme, für verschiedene Punkte der Erde gar nicht vergleichbar erscheint, wenn nicht Dicke und Dichte der Wärme absorbirenden Luft berücksichtigt wird, für welche Bouguer 1760 das Gesetz aufstellte, dass die Strahlungs-Effecte den Ordinaten einer logarithmischen Spirale proportional sind, deren Abscissen die Dicken der durchsetzten Luftschichten darstellen. Bei senkrechtem Strahlen-Einfall schwankt der Werth der atmosphärilen Wärme-Absorption zwischen 0.21 und 0.33 des thermischen Gesammtbetrages. —

An der festen Erdoberfläche ist wieder nur ein kleiner Theil der solar eingestrahlten Wärme in wirklicher Temperaturerhöhung nachweislich, denn viel wird ins Innere abgeleitet, mehr noch für die Formen-Wandelungen des Wassers und im Interesse der Vegetation verbraucht. Nur trockner steriler Boden, nackter Fels und Sand nehmen deshalb höhere Temperaturen von 60—70 ° C an, welche sie langsam zunächst an die Luft und durch gesteigerte nächtliche Ausstrahlung an den Weltraum verlieren, letzteres bei grosser Heiterkeit und Reinheit der Atmosphäre in so intensiver Weise, dass in der afrikanischen Wüste oft eine Mittaghitze von 40° C durch Temperaturen unter dem Gefrierpunkt abgelöst wird. — Vom Wasser kommen hier die Flächen des Schnees, der Gletscher, des Eises in Betracht, deren thermisches Verhalten im Allgemeinen vom continentalen nicht abweicht. Direct nachgewiesen haben den Wärmeverlust des Schnees durch Irradiation Boussingault, Bravais, Martin; durch ihn kann die oberflächliche Temperatur um zehn Grad unter diejenige in 0.2 m. Tiefe herabgehen. Wahrscheinlich liegt jedoch hier kein einfaches Strahlungs-Phänomen vor, sondern die selbst in

der tiefsten Kälte nicht gänzlich unterdrückte Verdunstung ist vielleicht sogar für den grösseren Theil des Wärmeverlustes verantwortlich.

§. 418. Durchfeuchteter Boden wird durch Insolation wenig erwärmt und stimmt in den Temperaturverhältnissen mit der darauf ruhenden Luft grossentheils überein. Dass hier sehr wenig von der Wärme in einer Temperatur-Erhöhung der bestrahlten Massen nachweislich wird, findet in den mannigfachen Schicksalen der verfügbaren thermischen Werthe seine Erklärung. Die Wärme-Capacität des Wassers und der ihm nahestehenden durchfeuchteten Erdschichten ist ungefähr fünfmal so hoch, als diejenige trocknen Bodens, bringt also zur Erzielung des gleichen Effectes ebenso vielmal mehr zugeführte Wärme zum Verschwinden. Noch viel mehr derselben wird verbraucht zur Aenderung des Aggregatzustandes, indem eingefrorene Massen schmelzen, oder die an der Oberfläche stehende und in den Poren des Erdreiches vertheilte Flüssigkeit verdunstet. — Schübler's Versuche vom Jahre 1815 liessen an der Pflanzenerde eine Wasser-Absorptionsfähigkeit erkennen, welche diejenige der meisten gewöhnlichen Bestandtheile des Ackergrundes mit Ausnahme der Magnesia weit übertrifft, und bis aufs Doppelte ihres eigenen Gewichtes emporgeht; für die specifischen Wärmen der Bodenarten ergaben sie folgende abfallende Reihe: Kalksand, 1000; Quarzsand, 956; lettenartiger Thon, 769; Jura-Ackerland, 743; Gips, 738; lehmartiger Thon, 718; Ackerland von Hofwyl, 701; kleienartiger Thon, 684; von Sand gereinigter Thon, 667; Gartenerde, 648; Kalkerde, 618; Humus, 490; Magnesia, 380. —

Im Allgemeinen stumpft der Wassergehalt des Bodens die Temperatur-Extreme ab, wozu neben den erwähnten Momenten auch noch der Umstand beiträgt, dass die mit ihm gegebenen reichlichen Verdunstungsacte häufig zu weitverbreiteten Wolken in der Atmosphäre führen, welche ebensosehr die Insolation erschweren, ja ihre unmittelbare Einwirkung auf die feste Erdoberfläche oft unmöglich machen, als den nächtlichen Wärmeverlust durch terrestrische Ausstrahlung mildern.

§. 419. Ein Theil der Insolations-Wärme geht durch Leitung der Erdschichten auf diese über und bewegt sich in ihnen sowohl nach der Tiefe als in horizontaler Richtung mit ziemlich gleichförmiger Geschwindigkeit, welche zu den Quadratwurzeln der thermischen Zeitperioden in einfachem Verhältniss steht. — Im Wasser verbreitet sich die durch Insolation gewonnene Wärme vornehmlich mittels Strömung der erwärmten materiellen Theilchen

selber, indem die durch thermische Expansion erleichterten Massen steigen und abfliessen, ersetzt von kälteren Fluthen, deren mit der ersteren combinirtes Bewegungs-System unter Mitwirkung der geographischen Continental- und Insel-Gestaltung höchst complicirt erscheint. Ausserdem macht sich in den Flüssigkeiten die Wärmedurchlässigkeit geltend, welche wie bei allen diathermanen Substanzen für die leuchtenden Strahlen am grössten ist. Die Luft empfängt ihre Wärme wegen grosser Diathermansie bloss zum geringen Theile durch die directen Strahlen der Sonne; von der an der Erde zurückgeworfenen Wärme kann ebensowenig etwas irgend Beträchtliches ihr zu gut kommen, welche vielmehr den weitaus grössten Theil ihrer Temperatur-Erhöhung der unmittelbaren Mittheilung von Seite der Erdoberfläche verdankt. Doch ist hinsichtlich der mit der Insolation in Zusammenhang stehenden Absorptions-Erscheinungen der Unterschied im diathermanen Verhalten gegen leuchtende und dunkle Wärme zu berücksichtigen; jene direct von der Sonne kommend durchdringt grossentheils und leicht die Luft, kann also an der Erde erst ihre Hauptwirksamkeit entfalten, diese hier gespiegelt unterliegt dagegen einer verhältnissmässig viel stärkeren atmosphärilen Absorption, deren in den dichtesten Schichten merklichster Einfluss gerade im Rayon der wichtigsten meteorischen Processe am mächtigsten sich geltend macht. — Die unmittelbare Uebergabe der durch Insolation an der Erdoberfläche gesammelten Wärme an die Luft besteht nur für die in allernächster Berührung befindlichen Theilchen in einer wirklichen Leitung, welche im Uebrigen dem gasförmigen Aggregatzustand in viel zu geringfügigem Grade eigen ist, um nicht für die Wärmevertheilung in der Atmosphäre an ähnliche Strömungen appelliren zu müssen, wie sie zu gleichem Zweck oben für's Wasser in Anspruch genommen wurden. Diese uferlosen Ströme eines unendlich leicht beweglichen Mediums zu verfolgen, ist zwar auf Grund der von den einschlägigen physikalischen und geographischen Verhältnissen erworbenen Kenntnisse im Grossen und Ganzen so gut möglich, dass wir später die Windsysteme der Erde daraus ableiten werden, im Besonderen aber wegen enormer Complicationen so schwer durchführbar, dass hierin vorerst nur das ideale Ziel einer vollständigen tellurischen Meteoration gesehen werden kann. — An dieser Stelle genügt die Hervorhebung des neben der geographischen Breite und der Wasservertheilung mächtigsten Einflusses der Bodenerhebungen, von denen leicht zu sehen ist, dass sie der auf Ebenen auflagernden und von Bergen durchbrochenen Luft höchst verschiedentliche Bedingungen der Wärmeaufnahme und -Abgabe setzen. Eine einfache Proportionalität der Wärme-Abnahme mit der Meereshöhe, wie seit Lagrange vielen Berechnungen zu Grund gelegt wurde, ist dabei um so weniger annehm-

bar, als selbst bei freier Erhebung in der Atmosphäre der Temperatur-Abfall weiter oben schneller erfolgt, als tiefer unten. Noch mehr werden locale Umstände eine mit der vertikalen Aufsteigung im Allgemeinen parallel gehende Wärmeverminderung modificiren, welche an sich zweifellos einerseits aus der in geometrischer Proportion mit dem Erdabstand erschwerten Leitung, anderseits aus der mit der Verdünnung der Luft gleichen Schrittes erhöhten Wärme-Capacität sich erklärt. — Die diesem Gegenstand zugewendeten Beobachtungen von Six (1784) und später durch Pictet längs eines bei Genf errichteten Mastbaumes ergaben des Nachts eine Umkehrung der fraglichen Temperatur-Unterschiede, welche bei plötzlicher strenger Kälte auch während des Tages anhält, indem Luft, unmittelbar über der Erdoberfläche in Folge nächtlicher Ausstrahlung oder einer tief unten eingebrochenen kalten Strömung bedeutend abgekühlt hiemit so verdichtet wird, dass an Austausch oder Mischung mit den darüberschwebenden, von früher her wärmeren Schichten zuvörderst nicht zu denken ist. — Auch die Jahres-Periode der gemässigten Zone ist für die Höhentemperatur-Abnahme nicht gleichgiltig; im Sommer geschicht dieselbe schneller und stärker, als in den kühleren Monaten, und namentlich in den tieferen Lagen der Atmosphäre stehen die Differenzen im geraden Verhältniss zur Temperatur an der Bodenfläche.

Die Verwicklung der thermischen Bewegungen auf den vielfach einander durchkreuzenden Bahnen der Ein- und Rückstrahlung, der Leitung und Strömung, wie Erde, Wasser und Luft sie dem Wärmegang vorschreiben, verhindert ein Gleichgewicht der Temperaturen an den Berührungsflächen heterogener Massen und in diesen eine stetige Veränderung der Wärme, und bewirkt die nur der besondren empirischen Untersuchung zugänglichen localen und zeitlichen Eigenthümlichkeiten der Wärmevertheilung, welche die charakteristische Gestaltung der Klimate bei Weitem mehr vervielfacht, als dies der allerdings fundamental bedeutsamen geographischen und architektonischen Situation an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche möglich wäre.

b. Die Erdwärme.

§. 420. Die ausnahmslose Erfahrung, dass die in die Tiefe vordringenden Beobachtungen überall eine ziemlich regelmässige Temperatur-Zunahme mit ihr ergeben, welche in keiner Weise mit den Folgen der Insolation in befriedigend verständlichen Zusammenhang gebracht werden können, lässt auf einen eigenthümlichen Wärme-

besitz der Erde schliessen, dessen Einfluss sonst wohl in den Haushalt des organischen Lebens miteingerechnet werden musste, zur Zeit zwar nur in seltenen deutlichen Spuren sich verräth, aber in seiner reellen Begründung mit fast mathematischer Sicherheit bewiesen erscheint.

Die Unabhängigkeit der besagten Thatsachen von den oberflächlichen an die Sonne gebundenen Temperatur-Verhältnissen folgt sogleich aus dem Erlöschen all ihrer Schwankungen in einer Maximaltiefe von etwa 25 Meter, vorausgesetzt, dass die Bestimmung im wirklichen Erdreich und nicht unter Umständen erfolgt, wo in senkrechte Schachte kalte Luft einsinken konnte, welche in der Tiefe stagnirend eine namhaft und anhaltend verminderte Wärme daselbst erscheinen lässt. Auch unterirdische Wasser-Ansammlungen können die einer bestimmten Tiefe wirklich entsprechende Temperatur stark modificiren, und zwar sowohl im negativen als positiven Sinn, je nachdem sie von Oben eingesunken, oder von Unten heraufgebrochen sind; nur wenn sie lange Zeit an Ort und Stelle verweilt hatten, darf man den darein versenkten Thermometern angenähert gleiches Vertrauen schenken, als ob sie in Bohrlöchern des festen Bodens oder Gesteines gelegen hätten. — Eine weitere Voraussetzung zur Gewinnung richtiger Resultate ist, wie zuerst 1828 Gerhard beachtet und 1837 Bischoff ausdrücklich hervorgehoben hat, die Beurtheilung der Tiefe nicht in absolut vertikaler, sondern in zur mittleren Lage der Bodenoberfläche senkrechter Richtung. Natürlich muss man auch von der Abwesenheit aller aussergewöhnlicher fremdartiger Temperatur-Einflüsse, etwa in Folge intensiver subterraner geologischer Processe, wohl gar zuweilen weitverbreiteter Entzündungen von Steinkohlenlagern versichert sein. — Trotz dieser und ähnlicher Cautelen stimmen kaum zwei Untersuchungen über die Frage zusammen, für wie viel Fuss Vertiefung die Temperatur-Abnahme 1° R. betrage, ja die Angaben bewegen sich zwischen den weit auseinander liegenden Grenzen von 454′ (Gerhard: Mannsfelder Kupferschiefergruben) und 25′ P. (Peters: Scherginschacht in Jakutzk). Vermuthlich sind die in den fast allein zugänglichen geringeren Tiefen einflussreichen Momente zu verschiedenartig, um je ein desfalls allgemein giltiges Gesetz erwarten zu lassen, und selbst die am meisten vertrauenswerthe Zahl: 161′ P., erhalten bei Reich's im sächsischen Erzgebirg zwischen 1830 und 1832 unter Berücksichtigung der mit den Tiefendifferenzen und Zeitfristen zusammenhängenden Wärmeschwankungen angestellten Messungen, weicht von den, circa um 25 prc. kleinere Werthe ergebenden Forschungen an artesischen Brunnenbohrlöchern ab, und besässe überdies eine weiter gehende Bedeutung nur unter der Voraussetzung einer fort und fort mit der Tiefe gleich-

mässigen Temperaturzunahme. Solch eine einfache Proportionalität beider Werthe erhält zwar eine gewichtige Stütze in den darauf bezüglichen Annahmen und Untersuchungen Poisson's (Theorie mathematique de la chaleur, 1835) aber die nicht weniger wiegende Autorität Fourier's spricht sich dafür aus, dass die Wärme in der Nähe der Oberfläche viel schneller abnehme, als im Innern, und Fox's 1815 in den Bergwerken Devonshire's und Cornwall's gemachte Beobachtungen ergeben für eine Wärmezunahme von 10° F. zwischen 0 und 90′ die Strecke 46,6′, zwischen 90 und 170 : 70,1′, von da ab : 125,5′. —

§. 421. Aus Regionen, welche der unmittelbaren Exploration unzugänglich sind, kommen Zeugen einer sehr bedeutenden Wärme an die Oberfläche empor, welche theils in milderer Form zu den regelmässigen Erscheinungen gehören, theils den gewaltsamen Charakter eruptiver Phänomene tragen. Jene erfreuen sich einer hohen medicinisch-hygienischen Bedeutung. Indem nämlich das meteorische Wasser durch poröses Erdreich und Felsspalten ins Innre dringt, gelangt es leicht an Sammelorte, deren locale Temperatur den mit dem normalen Luftdruck am Seespiegel correspondirenden Siedepunkt der Flüssigkeit weit übersteigen kann, ohne dass desshalb diese bei den hier herrschenden enormen Druckwerthen in Dampf überzugehen brauchte. Wohl aber gewinnt das überhitzte Wasser an Auflösungsvermögen für viele im Erdreich zur Verfügung stehende Salze, welche es, hydrostatisch oder zuweilen mittels periodisch arbeitender Dunstpressung heraufbefördert, und, hiebei einen Theil der Wärme an die durchströmten kühleren Schichten abgebend, neben der an sich meist schätzbaren hohen Temperatur dem Heilgebrauche überliefert, ohne dass indess die Intensität der Effecte immer sichtlich mit dem grösseren Reichthum an Mineralbestandtheilen, und dieser wieder mit besonders beträchtlicher Hitze zusammenhinge, indem vielmehr manche durch letztere Eigenschaft ausgezeichnete und therapeutisch hochberühmte Thermen gerade auffällig arm an Lösungsstoffen erscheinen. — Die überlagernde Gebirgsart scheint für das Hervorbrechen heisser Quellen gleichgiltig zu sein; keinesfalls sind sie an Formationen von vulkanischen Charakteren und Neigungen gebunden. Fern von jeder derartigen Spur fand v. Humboldt die Aguas calientes de la Trincheras Südamerika's in Granit zu 90.3° C temperirt (Boussingault gibt 1823: 97° C an) und die Aguas de Comangillas bei Guanaxuato in Mexiko unter Basalt zu 96.4° C., die Tiefe der Entstehungsorte zu ungefähr einer halben geographischen Meile veranschlagend. In der Nähe des mexikanischen Vulkanes Jorullo fand derselbe Forscher 1803 zwei Heissquellen von 65.8° C, welche unter gleichzeitiger Versiechung zweier kleiner Flüsse 1759 entstanden wa-

ren, als jener Berg, ein riesiger Zeuge der plutonischen Reaction des Erdinnern gegen die Rinde, plötzlich 1580′ hoch über die Ebene emporstieg. Die isländischen Springquellen: Geisir und Strokkr haben eine Temperatur von 85–99° C, die nach unten namhaft (bis 127,5° C (Bunsen)) steigt, ohne irgendwo den dem localen Druck entsprechenden Siedepunkt zu erreichen, die Quellen von Chaudes-Aigues in der Auvergne von 87°, diejenigen von Ems, Gastein und Barèges von 50°, der Carlsbader Sprudel von 74° C, welche wenigstens zwischen 1770 und 1822 sich nicht verändert hat. Wahrscheinlich ist die Constanz der mässiger temperirten Thermen überraschend gross. In dieser Hinsicht heisst es im Kosmos: „die Quellen in Griechenland fliessen erweislich noch an denselben Orten, wie in dem hellenischen Alterthum. Die Erasinosquelle, zwei Stunden Weges südlich von Argos am Abhang des Chaon erwähnt schon Herodot. Bei Delphi sieht man noch die Kassotis südlich von der Lesche entspringend und unter dem Appollotempel durchfliessend; auch die Kastalia am Fuss der Phädriaden und die Pirene bei Akrokorinth, wie die heissen Bäder von Aedepsos auf Euböa, in denen Sulla während des mithridatischen Krieges badete.“ —

Die in zweiter Linie erwähnte Zeugschaft einer mit hoher Temperatur einhergehenden tellurisch internen Thätigkeit: die, über beschränkt locale Anlässe weit hinausgehenden Vulkanausbrüche und die, nur zum Theil auf mechanische Vorgänge colossaler Erdrutsche und subterraner Umlagerungen zurückführbaren Erdbeben stehen zwar durchaus nicht ausser aller Beziehung zu meteorischen Processen, denn kurze doch um so gewaltigere Störungen des atmosphärilen Gleichgewichtes durch oscillatorische oder fortschreitende Stösse, durch massenhafte Dunstverdichtungen und elektrische Entladungen können weithin eigenthümliche Wettererscheinungen hervorrufen, aber diese Modificationen sind doch immer zu vorübergehend und beschränkt, als dass sie das Bild der tellurischen Meteoration mit tieferen Zügen auszustatten vermöchten. Die Medicin aber ist an den in Rede stehenden Consequenzen der Erdwärme nur in völlig secundärer Weise interessirt, insofern etwaige giftgasige oder miasmatische Exhalationen, wie die indirecten Einwirkungen jener Ereignisse auf pflanzliches und thierisches Leben in Betracht kämen.

§. 422. Der gegenwärtige Bestand der tellurischen Wärmevertheilung weist auf einen ursprünglichen Zustand zurück, in welchem die muthmasslich jetzt noch alle irdische Stoffe verflüssigende Centralwärme dem ganzen Planeten angehörte, der eben damit in der Lage war, die aus der Achsendrehung folgende Abplat-

tung anzunehmen, deren aufs Genauste ausgeführte Messung zu, den betreffenden Ansichten günstigen, Werthen führt. Dieser mathematische Nachweis der Urgeschichte unsres Wohnsitzes ist der einzig mögliche, denn dieselbe fällt aus natürlichen Gründen weit vor die historische Zeit, für welche Laplace erwies, dass wenigstens in den letzten 2000 Jahren die mit einer irgend merklichen weiteren Abkühlung in nothwendiger Verbindung stehende Verkürzung der Tageslänge höchstens 0,005 einer Centesimalsecunde betragen konnte, und Fourier zeigte, dass die Temperatur der Oberfläche, für die der Einfluss der Centralwärme jetzt bloss zu 0,033 — 0,025° C veranschlagt wird, seit Alexander von Macedonien nicht um $^1/_{288}$° C sich änderte. — Um tausende von Jahrhunderten vor der menschlichen Geschichte beginnt diejenige der organischen Entwicklung überhaupt, deren inniger Zusammenhang mit den allgemeinen, die jetzigen meteorischen Vorgänge graduell unvergleichlich übertreffenden, doch ihnen wesentlich verwandten Naturbedingungen gerade in den grossartigen geologischen Spuren am deutlichsten hervortritt. — Die „übertropischen Formen" der Steinkohlenzeit sind unabhängig von klimatischen Localunterschieden, denn im Gegensatz zu den heutigen Verhältnissen war damals die Sonnenstrahlung im Vergleich zur planetarischen Eigenwärme verschwindend. Das über Dänemark hinaufreichende Korallenmeer der Kreideperiode setzt eine minimale Wasserwärme von 20° C voraus und die Braunkohlengebilde der Tertiärepoche glichen in unsren Breiten den jetzigen Producten der Tropen. Der allmälige Verlust des letzteren Charakters mag unter Mitspielung der von Meerdurchbrüchen bewirkten Isolirung, welche die Umbildung der Thiergeschlechter begünstigt, zahllose an Pflanzenkost gewohnte Geschöpfe in Fleischfresser verwandelt haben. —

c. Die Wärmevertheilung an der Erdoberfläche.

§. 423. Weder die unmittelbaren Wirkungen der Insolation, noch die ohnedem der Regel nach schwachen Spuren der Erdwärme begründen die thermischen Eigenschaften eines Ortes als Basis seiner klimatischen Beurtheilung, sondern diese wird erst möglich nach Sammlung einer grossen Reihe einzelner Thatsachen, deren Zusammenstellung und Berechnung nach bekannten arithmetischen Principien der Summirung und Division zu den Ausschlag gebenden Mittelwerthen abgerundeter zeitlicher Perioden und schliesslich des Ortes selber führen. An diesen Durchschnittzahlen arbeiten natürlich sämmtliche Einflüsse mit, welche irgendwie die Zufuhr oder Abgabe der Wärme betreffen können, zum Theil nachweislich, selbst messbar, zum andern sich dem Blick entziehend

und bloss in den Folgen verrathen, welche häufig in, anscheinend höchst charakteristischen, Einzelfällen fehlend oder verwischt und compensirt durch das Gesetz der grossen Zahlen zur sicheren Erscheinung gebracht werden. — Die geographische Lage behält hinsichtlich des von derartigen Untersuchungen festgestellten Materiales zwar ihre fundamentale Bedeutung bei, doch nur in so allgemeinen Zügen, dass die alte Eintheilung der Erdoberfläche in heisse, gemässigte, kalte Zonen gerechtfertigt erscheint, keineswegs aber ein Anschluss des Wärmeganges an die Breitengrade. Wenn vielmehr die Temperaturmittel möglichst vieler Orte auf gleiche natürliche Bedingungen, namentlich auf die nämliche, bald als besonders einflussreich erkannte Seehöhe zurückgeführt und die mit gleichen thermischen Werthen ausgestatteten Punkte durch Linien verbunden werden, zeigen die so hergestellten Isothermen einen äusserst unregelmässigen Verlauf, weder unter sich noch zu den Breitegraden den allergeringsten Parallelismus, und häufige oft schwer motivirbare Durchschneidungen der letzteren. Als Beispiel beträchtlicher Abweichung des in diesem Kurvensystem fixirten Thatbestandes von der durch die geographischen Umstände begünstigten Erwartung sei auf Neapel und New-York hingewiesen, deren Breite (40° 52′— 40° 43′) nur um neun Minuten differirt, während der (um diesen geringen Betrag südlicher gelegene) letztere Ort der Isotherme 10.9°, der erstere derjenigen 15.3° C anheimfällt.

Im Allgemeinen begegnen wir den Isothermen unter vierfacher Gestalt: Solche, deren Werth über 25° C hinaufgeht, bilden geschlossene, nicht alle Längengrade durchschneidende Kurven; die Aequatorialzone besitzt Kurven, welche die ganze Erde umspannen und an einigen Punkten sich spalten, zwischen denselben also doppelt laufen; die meisten Isothermen der gemässigten Zone und zum Theil der kalten, mit Werthen von 0 bis 25° C, gehen um die ganze Erde und erscheinen paarweise beiderseits am Aequator; die Polarregionen endlich kennen Kurven, welche alle Meridiane kreuzen, aber bloss auf der einen Hemisphäre auftreten, oder doch auf der andern nur während einiger Monate ihr Analogon finden.

Die Isothermen geben ein theoretisch abstrahirtes aber durchaus kein dem wirklichen Sachverhalt entsprechendes oder gar dem praktischen Bedürfniss genügendes Bild der Wärmevertheilung, wenigstens da, wo der sonst bekannte bedeutende Wechsel der Temperatur im Lauf des Jahres im Mittelwerth des letzteren gänzlich verwischt ist. Zunächst liegt es, wenigstens die extremsten Erscheinungen auseinanderzuhalten, demnach für Sommer und Winter gesonderte Rechnungen anzustellen und einem doppelten Kurvensystem unterzulegen, das in den Isotheren der sommerlichen, und den Isochimenen der winterlichen Durchschnittswärme schon eine klarere

Anschauung von den Temperaturverhältnissen eines Ortes gewährt. Allen Anforderungen ist damit indess noch nicht genügt; denn weiss man den betreffenden Temperaturmitteln jetzt auch einigermassen die Extreme der Hitze und Kälte zu entnehmen, weil diese voraussichtlich auf die Sommer- und Wintermedia den grössten Einfluss haben, so ist doch über den Gang der Wärme innerhalb jeder Jahreszeit mit ihren klimatisch und hygienisch so wichtigen, hier gar nicht berücksichtigten Uebergangsperioden des Frühlings und Herbstes nicht das Geringste ausgesagt. Bei Darstellung der Beobachtungsmittel in Zahlen sind die fünftägigen Perioden als zweckmässig anerkannt, um in ihren Durchschnittwerthen die Temperaturvariationen in richtigem Lichte erscheinen zu lassen; für die graphische Methode der Kurven dagegen dürfte die Wahl der Pentaden auf allzu verwickelte Constructionen führen, um nicht eine bessere Uebersicht von Dove's Monatisothermen erwarten zu dürfen, deren Zeiträume allerwärts bestimmt und charakteristisch genug sind, um in ihren Mittelwerthen den wirklichen Vor- und Rückgang, beziehentlich Stillstand der Wärme erkennen zu lassen, wie er insbesondre von Wichtigkeit ist, wenn der im medicinischen Begriff vom Klima voranstehende Grad der Aequabilität oder Variation der Wärme zu bemessen ist.

§. 424. Wenn eine ideale Wärmevertheilung an der Erdoberfläche nach mathematischen Principien theoretisch festgestellt wird, kann die thatsächliche Abweichung davon als thermische Anomalie bezeichnet werden, deren Sinn und Grad den klimatischen Charakter eines grösseren oder kleineren Erdabschnittes wesentlich mitbestimmt. Eine namhafte positive Anomalie der Westküsten im Allgemeinen und des ganzen europäischen Continentes insbesondre spricht zu Gunsten einer ergiebigen Vegetation und eines angenehmen gesunden Aufenthaltes daselbst, während grosse anhaltende negative Anomalien auf Unwirthlichkeit der betroffenen Regionen schliessen lassen. Während Europa im Winter und Sommer sich der positiven Anomalie erfreut, besitzt Asien eine solche von grossem Werthe im Sommer, aber eine ebenso bedeutende negative im Winter; die nordamerikanischen Polarländer bis zur den grossen Seen verfallen während des ganzen Jahres der negativen Anomalie, die an der Nordwestküste längs der Felsengebirge auf den kühlen Sommer beschränkt ist. Insgesammt fasst den Gang der thermischen Anomalien auf der nördlichen Halbkugel Dove als eine Bewegung auf, welche die relativ zu warmen und zu kalten Räume während der einen Jahreshälfte vom westlichen Festland gegen die östlichen Meere, in der andern in umgekehrter Richtung ausführen. Auf der Südhemisphäre sind mit Ausnahme der grossen afrikanischen und australischen Con-

tinente, welche sich dem Verhalten Asien's nähern, die thermischen Anomalien wenig entwickelt, was aus dem Wasserreichthum dieser Abtheilung folgt, der gegenüber den excessiven Temperaturen des dem vollen Einfluss der Radiation verfallenen Continentalklimas die thermischen Extreme in Folge der relativ kleineren Oberfläche, der grösseren Wärmecapacität und der Verdunstungsfähigkeit des flüssigen Mediums abschwächt. — Im räumlichen Verhältniss von Land und Wasser, in den grossen regelmässigen Strömungen des letzteren, in der littoralen Gliederung des ersteren, und seiner mit Vegetation und Cultur zusammenhängenden Architektonik liegen denn auch die Ursachen der Isanomalen und des isothermischen Systemes überhaupt. — Der Einfluss des Meeres oder der Küstenlage ist mild, stetig, der Gesundheit der Thiere wie der Entwicklung der Pflanzen förderlich, doch in letzterer Hinsicht manche ausgezeichnete Form, wie die Weinrebe, welche beträchtliche Kälte verträgt, aber zur kritischen Zeit höhere Hitze fordert, nicht begünstigend; derjenige der festen Erdgestaltung in verticaler Erhebung zwar auch allmälig ansteigend, aber wo grössere Höhen in Betracht kommen, zu so bedeutenden Werthen führend, dass dadurch der Charakter der geographischen Breite viel gründlicher verwischt wird, als es je durch andre Einwirkungen geschieht. Im Besondren ist die verticale Modification der Wärmevertheilung äusserst complicirt wegen der höchst verschiedenartigen Rückwirkung des Bodens auf die Luft, welche mit der Masse der Erhebung wächst, an compacten Gebirgstöcken und Rücken oder weit gewölbten Bergen also grösser ist, als an dünnen schroffen Spitzen, deren umgebende Atmosphäre fast ganz ihre an sich regelmässige Temperaturabnahme geltend machen kann. Ausserdem muss die Form der Abdachung, namentlich die mittlere Neigung derselben gegen Himmelsgegend und Sonnenstrahlen, wie die grössere oder kleinere Abwechselung flacher und vertiefter oder zerklüfteter Stellen mit ihren Beziehungen zu Pflanzenansatz oder Eis- und Schneehäufung, beziehungsweise Gletscherbildung Temperatureigenthümlichkeiten hervorrufen, welche zwar im Allgemeinen bekannt genug, doch aber im Einzelnen schwer verfolgbar sind. — Das System der Höhenisothermen, das die einschlägigen Verhältnisse darstellen soll, zunächst aber nur in geringer Ausdehnung vornehmlich durch A. und H. v. Schlagintweit ausgeführt ist, indem sie vom Fuss bis zu den Gipfeln der Alpen die Lage der Isothermflächen bestimmten, gibt zu erkennen, dass zu unterst und zu höchst die Wärmeabnahme am langsamsten, in mittleren Regionen am schnellsten erfolgt, dass sie im Sommer viel rascher, als im Winter geschieht, und dass die Temperaturschwankungen in Thalbecken bedeutender sind, als an Bergabhängen. Im Besondren erscheinen die Krümmungen der Höheniso-

thermen in den tieferen Gebirgsregionen weit beträchtlicher, als oben; die Abstände je zweier Kurven sind nah am Fuss am grössten, nehmen dann ab, erreichen in den nördlichen Voralpen bei 6000′, in den Centralalpen bei 7000′, in den südlichsten wohl erst bei 8000′ ein minimum, um von da wieder zu steigen; eine merkliche Convexität derselben in der Mitte grosser Gebirgsgruppen ist weniger entwickelt, als an der gleichnamigen Kurve der Bodenwärme, welche demnach in näherer Verbindung mit der Massigkeit der Erhebung steht. Die Extreme der Jahreswärme stellen sich unter Verminderung ihres Werthabstandes oben später ein, als unten. — In den Anden hat die desfallsigen Verhältnisse am aufmerksamsten v. Humboldt verfolgt; die Temperaturabnahme ist zwischen 1000 und 2500 m. sehr langsam, dann bis zu 4000 m. fast ums Doppelte beschleunigt. Auf Hochebenen von weiter Erstreckung ist der Temperaturabfall kleiner, als im Bergland, die Extreme treten weiter auseinander, und am Rand derselben fand Boussingault ein kühleres Klima als in der Mitte. —

a. Eintheilung der Klimate.

§. 425. Da die Zonentheilung der Erde nur eine allgemeinste Uebersicht gewährt, die Anordnung der Klimate im Alterthum aber mit der Witterung gar nichts zu schaffen hat, sondern sich auf die zeitlichen Unterschiede der Tageslängen bezieht, soll die Meteorologie dem praktischen Bedürfniss mit einer klimatischen Gliederung der Erde entgegenkommen, welche zwar alle zum complicirten Begriff des Klima und Wetters zusammenwirkenden Elemente gleichmässig umfassen und in gerechte, ihrem wirklichen allgemeinen oder localen Werthe entsprechende Würdigung ziehen wird, doch aber dabei dem System der Isothermen eine fundamentale Bedeutung zugesteht. Dass der einmal eingebürgerten Abgrenzung der Länder und Meere im Grossen und Ganzen Rechnung getragen wird, erscheint nicht bloss als eine Forderung des in Beziehung auf bekannte Anknüpfungspunkte erleichterten Verständnisses, sondern auch als eine Folge der in der That innerhalb umfangreicher natürlicher Gruppen von Continenten und Inseln in internen Uebereinstimmungen und Unterscheidungen nach Aussen mehr oder weniger sicher charakterisirten Eigenthümlichkeiten. Willkürliche oder auch politische, selbst nationale Abtheilungen treten dagegen vor dem meteorologischen Interesse zurück, welches höchstens aus bestimmten praktischen Gründen sich zu einer gesonderten Betrachtung derselben vertiefen könnte.

§. 426. Der thermische Charakter Europa's besteht in der Gleichförmigkeit des Temperaturganges, natürlich nur, so-

fern über die durchaus nicht erspart bleibenden Schwankungen hinweg das mittlere Bild der örtlichen und zeitlichen Temperaturen entworfen und daraus ein möglichst bestimmtes und allgemeines Moment abstrahirt wird, dessen Sinn, weit entfernt ein absoluter zu sein, erst in Vergleichung mit andren ähnlich verstandenen Qualificationen richtig wirkt.

Im Besonderen unterscheiden Lorenz und Roth zum Theil nach Kerner's Entwürfen folgende klimatische Provinzen: 1) Mediterrane Provinz, umfassend die europäischen Küsten und Inseln des Mittelmeeres. Die Jahrestemperaturmittel bewegen sich zwischen 10,5 und 18° C; die Unterschiede der Jahreszeiten sind vollkommen ausgebildet, aber nicht schroff; namentlich bringt an der südlichen Grenze der Winter fast gar keinen Frost und höchst seltenen kurzen Schnee, während nah der nördlichen allerdings Temperaturen bis zu 12,5° C unter Null vorkommen, doch ohne lange Dauer oder schlimmere Nachwirkung. Mit dem März beginnt ein schnelles Ansteigen der Wärme, welche die fünf Monate hindurch beibehaltenen Sommermaxima schon Mitte Mai erreicht, um erst im October mit Eintritt der Herbstregen zu sinken bis auf die Ende December eintretenden Winterminima, unter deren höchstens zweimonatlicher Herrschaft die Pflanzenwelt nur theilweise zum Schlafe sich anschickt. Die charakteristischen Formen daraus sind hier Weinrebe und Oelbaum. — 2) die südoceanische Provinz, deren Eigenthümlichkeiten weitaus am reinsten in Portugal zu finden sind. Die Temperaturmittel halten sich bei 15—16° C auf, gehen auch im regenreichen Winter nicht wohl unter 7—10° C herab, steigen jedoch im Frühling wegen anhaltender Bewölkung langsamer als in der vorigen Region, um erst im Juni und Juli einen Sommer zu begründen, welcher weder allzu heiss, noch allzu trocken ist; ebenso allmälig stuft sich die Wärme gegen den Herbst hin ab. — 3) die nordoceanische Provinz, vornehmlich einen grossen Theil von Frankreich, Grossbritannien und benachbarte Striche umfassend. Die Jahrestemperaturmittel liegen bei 6—10° C mit wenig hervorspringenden Unterschieden hinsichtlich der ganz leise in einander übergehenden Jahreszeiten, woran vor Allem die Mässigung der Wärmestrahlungen durch häufige, vollständige, dichte Bewölkung Schuld trägt. Der zwischen December und März eingeschlossene Winter bringt wenig Frost und keine allzutiefe Abkühlung, indem die Durchschnittwärme zwischen 1,5 und 6° C sich bewegt, doch zeitweise kalte Luftströme aus NE und E, welche nur in einzelnen Jahren viel Schnee herbeiführen, welcher der Regel nach durch höhere Temperatur und Regen bald vertrieben wird. Die Frühlingswärme erreicht schon im März 6—10° C, geht aber dann sehr langsam empor mit monatlichen Unterschieden von höchstens 3.7° C, so dass nur ein mässig warmer Sommer erzielt wird,

der Mitte September einem langgezogenen, erst in der Winternähe kühl und stürmisch werdenden Herbste weicht. Für die Vegetation ist charakteristisch, dass die linden Winter auch die zarteren Formen mit keinem Frost bedrohen, dagegen der kühle und trübe Sommer die reiche und edle Entwicklung schätzbarer Pflanzenproducte, wie Stärkmehl, Zucker, Aroma nicht begünstigt, ja wohl ganz versagt. Wald und Wiese sind hier am Platz. — 4) Baltische Provinz, den südöstlichen Theil Skandinaviens, Mittelrussland, Ostdeutschland und Westösterreich umschlingend. Die Jahrestemperaturmittel halten sich bei 2,5—5° C. Die Winter, deren monatliche Durchschnittwerthe der Wärme von — 5° C bis — 10° C und in den Extremen auf mehr als das Doppelte heruntergehen können, dauern wenigstens vier, höchstens acht Monate; die Hauptschneemassen halten sich selten über den März hinaus, werden jedoch selbst nach gänzlicher Abschmelzung in Folge der vom Ostseeeis verschuldeten Kältcrückfälle öfters wenngleich bloss für kürzere Zeit erneuert, so dass erst Ende Mai die Vegetation vor ernsterer Störung sicher wird, um bis November hin eine Wärmequantum von circa 3500° C verfügbar zu erhalten, das einer kräftigen Entwicklung einjähriger Gewächse und sommergrüner Holzpflanzen günstig ist. — 5) Pontische Provinz, in dem der maritimen Einwirkung entzogenen südöstlichen Europa. Die Mitteltemperaturen des Jahres liegen zwischen 3 und 9° C; die thermischen Extreme sind bei ebenem Boden, trockner Luft, heitrem Himmel, Armuth an Wäldern die excessivesten unsres Erdtheiles, denn der dreissigste Grad sowohl über als unter Null wird oft erreicht. Der schon von Mitte October an durch allmälig steigende Ausstrahlungskälte eingeleitete bis März tief hineindauernde Winter bringt nicht sehr viel aber fest liegen bleibenden Schnee, dessen Decke den Pflanzenwurzeln einen höchst nothwendigen in einzelnen verhängnissvollen Jahren schwer vermissten Frostschutz verleiht, so dass die in der Regel von der strengsten Kälte verschont gebliebene Vegetation rasch ersteht unter den bei der reinen Luft kräftig wärmenden Strahlen der von April ab höher steigenden Sonne, freilich noch bis in den Mai hinein bedroht von den durch die nächtliche Ausstrahlung hervorgerufenen Spätfrösten. Von Juni bis Mitte September herrscht trockne Hitze, auf welche ein kurzer Herbst folgt, in welchem bald einzelne Frostnächte auf den rasch und oft plötzlich hereinbrechenden Winter vorbereiten. — 6) Subarktische Provinz, mit den nördlichsten Theilen Europas, in der kaum einen vollen positiven Grad erreichenden jährlichen Mittelwärme von dem, selbst im Januar noch + 2,5° C warmes Wasser führenden Golfstrom ermässigt, so dass namentlich der freilich auf 7—9,5 Monate sich erstreckende Winter im Monatmittel nicht weit unter — 10° C herabgeht und selbst in den Extremen kaum — 25° C übersteigt, höch-

stens auf Binnen-Plateaus — 37° C. erreichend. Allerdings ist gerade die mildere Küstenregion ihres Temperaturganges wenig versichert, indem die Saugwirkung des Raumes über dem warmen Meere die auf den nordischen Eisfeldern erkaltete Luft herbeilockt, deren zuweilen die regelmässige Temperatur eines ganzen Monates über den Haufen werfende Herrschaft erst gewaltsam von stürmischem warmfeuchtem Südwest zurückgedrängt wird. Im Mai pflegt die Sonne die schweren Nebel zu besiegen und dann die Kürze ihres Einflusses zum Theil durch dessen Intensität Dank den ausserordentlich langen Tagen auszugleichen; so wird während der drei Sommer-Monate eine fast constante Mitteltemperatur von 10—13.7° C. erzielt, welche für Moose, Gräser, Gerste, Erlen, Birken, Weiden um so mehr ausreicht, als unter der dicken Schneelage vom Erfrieren der ausdauernden Gewächse keine Rede ist. —

In Asien, dessen klimatischer Haupt-Charakter im Gegensatz zur europäischen Gleichförmigkeit als thermische Excessivität bezeichnet werden kann, unterscheiden die Autoren: 1.) das Monsun-Gebiet, dessen klimatische Gemeinsamkeit nicht von den vielmehr höchst verschiedenwerthigen Isothermen, sondern vom regelmässigen Wechsel des NE und SW Passates begründet wird, deren jener kühl und trocken die Jahreshälfte zwischen October und März heiter und regenlos erhält, dieser warm und feucht die von April bis September dauernde Regenzeit hervorruft. Der Anlass dieser Winde selber liegt in dem differenten Ein- und Ausstrahlungs-Verhältniss von Land und Meer. In thermischer Hinsicht gehören in diesen Rayon Ostindien und Süd-China zwischen den Isothermen 27.5° und 20° C., Nord-China und Japan zwischen den Isothermen 20° und 0° C. Im System dieser Kurven werden durch jenen regelmässigen, doch durch locale Umstände, besonders Bergzüge vielfach modificirten Wind- und Regen-Wechsel bemerkenswerthe Anomalien hervorgebracht. Ostindien hat in trocknen Districten, von denen Gebirge den Südwest abhält, wie im innren Dekan und Pendjab sehr hohe Temperaturen, in den Monatmitteln bis 38° C. gehend, und das maximum der Hitze nach der Sonnenculmination, im ächten Monsungebiet aber jenes vor dem letzteren und im Uebrigen sehr ermässigte Wärmegrade, deren absolute Extreme um 10° C. tiefer, beziehentlich höher liegen, als dort. In der japanochinesischen Monsunprovinz kommen Jahresmittel von 17.5° bis —0.12° C. vor, wie Temperaturextreme von +29.4° und —25° C. Die eigenthümlichen Sommer-Regen Chinas, für seinen Ackerbau von unendlicher Wichtigkeit, erstrecken sich tief landeinwärts, werden aber unter allmäliger Abschwächung des meteorischen Monsuncharakters immer spärlicher. — 2.) die vorderasiatische Provinz, in die subtropische und tropische Zone hineinragend, mit Isothermen zwischen 26.3° und 15° C. Die grössten ther-

mischen Extreme finden sich in Mesopotamien und im innern Arabien mit Maximalisotheren von 35° — 37.5° C, dagegen ist die Temperatur Kleinasiens durch reichlichere Regen gemildert. — 3.) Die Steppen- und Wüsten-Provinz Inner-Asiens, in einen westlichen tieferen und östlichen höheren Theil geschieden; dort wechseln Temperaturen von +26.6° C mit solchen von — 18.4° C; hier ist die, indess nicht genau controllirte Temperatur der äusserst trocknen Luft gleichförmiger und milder mit Ausnahme der Wüste Kobi, deren Winter heftige NW Winde erkalten. — 4.) Das arktische Gebiet, den grössten Theil Sibiriens umfassend, mit der strengsten bekannten Winterkälte, welche im Monatmittel bis — 42° C., ja in den Extremen bis — 60° C. (Neweroff in Jakutzk am 21. Januar 1838) herabgehen kann, aber einer trotz der Kürze der Periode so mächtigen Sommerhitze, dass die nördliche Waldgrenze bis zum 72. Breitengrad hinaufsteigt, und im oberflächlich aufgethauten dann versumpften Boden Insekten-Schwärme ausgebrütet werden, deren gleich grossen Quälereien der Mensch sonst nur in den Tropen verfällt. Wo das Meer einwirken kann, bei Ochotsk, Ustjansk, noch mehr auf Kamschatka sind die Wärmeschwankungen auf Amplituden von ungefähr 20° C. ermässigt und auch die absoluten Temperaturwerthe gemildert.

Africa besitzt vier klimatische Rayons: 1.) die subtropische Nordregion mit den Isothermen 20—25° C. und häufigen Maximaltemperaturen von 40° C unter dem austrocknenden Chamsin; Inseln und die westlichen Küsten des Continentes haben eine höchst gleichförmige Wärme, deren Schwankungen dagegen im Innern des letzteren heisse Sommer mit strengen Wintern, und eine Tageshitze von 30° C mit nächtlichem Froste abwechseln lassen. — 2.) die Sahara, vom continentalen Passat trocken und heiss erhalten, so dass Monatmittel von 37° C. und maxima von 45—50° C. vorkommen, der Sand aber unter den Sonnenstrahlen bis 75° C. erglühen kann. — 3.) das Aequatorialwaldgebiet, von den tropischen Regen fruchtbar erhalten, mit einem jährlichen Temperaturmittel von 26—28° C, welches wenig schwankt, nördlich wie südlich durch immer trockner und steriler werdende Steppen in die beiden Wüstengürtel übergehend. — 4.) Das Klima des Caplandes, zwischen den Isothermen 15—20° C., an der Küste, welche westlich bis zum 30. Breitegrad durch Winter-, östlich auch durch Sommer-Regen befruchtet wird, mit kleinen, im Innern, wo wenigstens auf einigen Hochebenen nur eine sehr vergängliche Vegetation aufblüht, mit grossen Wärmeschwankungen, denen dort eine mässige, hier eine geringe Luftfeuchtigkeit entspricht. —

Die westliche Erd-Hälfte: America lässt sich in folgende Zonen zerlegen. 1.) Die arktische Provinz bis zu der östlich dem 50. westlich dem 60. Breitegrad entsprechenden Isotherme von 0 ist ein vielfach

von Seen und Baien unterbrochenes Land, während des Sommers durch die Verdunstungsprocesse jener in niedrer Temperatur erhalten, im Winter mit dem zugefrornen Wasser eine compacte, stark ausstrahlende also tief erkaltende Masse bildend. Kalte Winter mit Mitteltemperaturen von — 17 bis — 37° C. und kühle Sommer mit solchen zwischen 0.6 und + 15° C. stellen dem organischen Leben möglichst ungünstige Bedingungen; nur Alaska und die oberen Regionen am Makenzie werden unter mehr continentalem Einfluss der Lage an den langen Sommertagen stärker erwärmt und lassen daher die nördliche Waldgrenze um mehr als acht Breitengrade höher hinauf gehen, als an der Hudsonbai. — 2.) Das nordamerikanische Continentalklima, zwischen den Isothermen 0 und 20° C., ist durch das mittlere Steppen- und Wüstenland in die westlichen und östlichen Culturstätten geschieden; charakteristisch für letztere ist der ausserordentlich rasche Wärme Abfall mit zunehmender Breite, indem die mittlere Wärme-Differenz zweier benachbarter Breitengrade, welche in der alten Welt 0.575° C. beträgt, hier 1° C. ausmacht. Der in höheren Breiten so merkliche Wärme-Entgang, dass an den Grenzen der vereinigten Staaten und Canada's eine Temperatur herrscht, welche in Europa auf den um 10° höheren Breiten angetroffen wird, ist mehr als den jedoch auch verhältnissmässig zu kühlen Sommern der enormen winterlichen Temperaturdepression zuzuschreiben. Letztere findet auch im Innern des Landes statt, die Sommer werden aber hier heisser; einen mässigenden Einfluss auf die Wärme-Unterschiede üben erst wieder die Seen Canada's. Sonst ist für das nordamerikanische Klima höchst charakteristisch eine grosse Tagesschwankung und ein greller Wechsel von Kälte und Wärme, welcher innerhalb eines einzigen Monates 37° C. betragen kann, und selbst in der milderen Jahreszeit zuweilen 25° C. erreicht. Zum Theil ist diese grosse hygienisch nicht sehr vortheilhafte und selbst nach gelungener Angewöhnung auf Constitution, Sitten und Charakter einflussreiche Variabilität der Temperatur von den vorherrschenden Landwinden herzuleiten, welche zwar keine Regen-Armuth hervorzurufen vermögen, weil die im Sommer jene zeitweise verdrängenden SW, S und SE Winde reichliche Niederschläge spenden, doch für gewöhnlich bei ihrem äusserst geringen Wassergehalt eine ausnehmende relative Lufttrockenheit begründen. — In der mittleren Prärien-Region mit vermindertem Regenfall liegen die Isothermen zwischen 23 und 10° C., — Der klimatische Charakter des westlichsten Striches längs der Küste des stillen Oceans zwischen den Isothermen von 2.5—17.5° C. gleicht sehr demjenigen Europa's. — 3.) Das tropische Klima Central-Amerikas; die Isothermen variiren allerdings nur in den engen Grenzen von 22.5—26.2° C., weil aber beträchtliche Boden-Erhebungen

in diesem Rayon vorkommen, umschliesst er doch die verschiedenartigsten Temperaturverhältnisse und gibt den Bewohnern zufällig oder absichtlich zu höchst wechselvollen Erfahrungen und Einflüssen Gelegenheit. — 4.) Das tropische Süd-Amerika, ausgezeichnet durch eine grosse Gleichförmigkeit der nicht sehr hohen, in der höchsten Monatisotherme bei ungefähr 25° C. verweilenden Temperatur. Namentlich betrifft diese Erniedrigung die Westküsten in Folge einer sie bespülenden polaren Meerströmung; die von der darüber abgekühlten Luft ausgehenden Winde nehmen landeinwärts eine höhere Temperatur an, haben also keinen Anlass, ihren Wassergehalt zu verdichten, wonach, da ausserdem der von den Anden abgelenkte Passat beim Sprunge vom Gebirgskamm herab das peruanische Land in seinem Schatten ruhig liegen lässt, die Regenlosigkeit dieses Gebietes sich erklärt. — 5.) Das aussertropische Süd-Amerika; die Temperatur der östlichen Seite ist hoch, und excessiv schwankend, diejenige der westlichen niedrer, aber constant; von letzterer ist der Fluch der Regenlosigkeit genommen, indem ausserhalb der Herrschaft der Passate die vorwaltenden Westwinde viele Niederschläge provociren, welche der ersteren in geringerem Grade gewährt sind. Weiter südlich vom Cap Horn nimmt der Wärmegang immer mehr einen polaren Charakter an, der jedoch wegen beträchtlichen Wasserreichthumes der Südhemisphäre mehr äquabel, als excessiv ist. So wurde noch unter dem 63. Breitegrad binnen dreizehn Jahren bloss ein minimum von — 20.625° C., aber auch nur eine Sommerwärme von wenig über Null beobachtet.

Australien gibt zu einer klimatischen Viertheilung Anlass: 1.) der tropische Norden. Die Isotherme von 25° C. ist durch eine ungemeine Constanz des Temperaturganges charakterisirt, dessen seltene Schwankungen die von jenem Mittel um etwa 5° C. auf- und abwärts gelegenen Grenzen nicht überschreiten. Unterstützt von vieler Feuchtigkeit begünstigt diese gleichmässige Wärme die üppigste Vegetation. — 2.) Die tropische Ostküste mit Isothermen von 15 bis 25° C. und Variationen der Wärme, welche in der Nähe des Meeres gering, gegen Süden hin, noch mehr auf den kühlen inneren Hochebenen merklicher werden. — 3.) Das subtropische Winterregengebiet. Liegen auch die Isothermen zwischen 14.8 und 17.5° C. so kommen doch zur trocknen Zeit Temperaturen von 40—42° C. vor. Die Regelmässigkeit der Niederschläge ist bloss den Küsten gewährt, während dem Innern gerade die gänzlich unberechenbare grelle Abwechselung zwischen Nässe und Dürre eigenthümlich erscheint. — 4.) Neuseeland und Polynesien, deren Temperatur-Verhältnisse einen ächt oceanischen milden gleichmässigen Charakter zeigen bei einer mittleren Jahres-Wärme zwischen 10 und 15° C., welche auf einigen Inseln zu 25° C. steigt.

β. Medicinische Klimatologie.

§. 427. Soll vom Klima hygienische oder therapeutische Anwendung gemacht werden, so können die Directiven der Anordnung oder des Verhaltens bloss in den Resultaten der allgemeinen meteorologischen Erforschung der Erdoberfläche liegen, weil von Vorn herein nicht zu erwarten ist, dass irgendwo und wann etwas medicinisch ganz Eigenthümliches und Specifisches aufgefunden und dem ärztlichen Zwecke dienstbar gemacht werden könne. Von der andren Seite her, da es sich um ein Gegeneinanderwirken allverbreiteter Naturkräfte und des Organismus handelt, ist der Zustand dieses in eine Erwägung zu ziehen, deren Folgerungen um so sicherer gehen, je mehr die Hoffnung einer radicalen Umgestaltung extremer Vorgänge und Erzeugnisse ausgeschlossen bleibt. Was geschehen kann und soll, besteht zumeist in Schonung der Lebensthätigkeiten, indem angegriffene, den atmosphärilen Einflüssen zugängliche Gewebe nicht diesen entzogen, was unmöglich oder wenn möglich nicht einmal rathsam wäre, wohl aber in so milder Form ausgesetzt werden, dass nicht immer wieder alte Wunden aufreissen, und langsame Abheilungsprocesse Störungen erfahren, welche sie nicht bloss verlangsamen sondern schliesslich in ihren Erfolgen überhaupt in Frage stellen, weil den in der Krankheit an sich schon auf einen schwachen Grad von selbständiger Energie herabgesezten Organen leicht eine falsche Richtung der Molekularbewegungen aufgeprägt wird, zu deren Provocirung unter sanfteren Ansprüchen kein Anlass ist. Erleichterung der inneren Wärmebildung, Verminderung der an sie wie an die thermischen Regulatoren des Organismus gestellten Ansprüche, Beschleunigung des in wörtlichem Sinne die Lebens-Elemente erfrischenden, ja gänzlich erneuernden Stoffwechsels ohne gleichzeitige gröbere mechanische Anforderungen, Entlastung der absondernden Thätigkeit von Drüsen und Schleimhäuten, Steigerung des respiratorischen Gas-Austausches, Regulirung des Blutumlaufes im Allgemeinen wie hinsichtlich seiner localen Vertheilung, Correction der sowohl in Form der Erschlaffung, als der Ueberreizung vorkommenden Ausweichungen der Nervenspannung oder der (elektrischen?) Ladung der Centralorgane können bei den klimatischen Kuren in Aussicht genommen werden, denen demnach auch nach Ausschluss einer vergeblich gehofften gründlichen Umgestaltung tieferer stabil gewordener oder nur noch in ungünstiger Richtung entwicklungsfähiger Veränderungen ein reiches Material vorbehalten bleibt, in dessen Bereich der Erfolg um so besser sein wird, je zarter das Individuum gegen Modificationen allgemeiner Einflüsse reagirt und je zweckmässiger diese gestaltet werden können.

§. 428. Wenn auch immer die Gesammtheit aller Witterungs-Erscheinungen, welche das Klima constituiren, bei jeder modificirten Einwirkung ebenso betheiligt ist, wie an der gewöhnlichen, so tritt doch unter ihnen die Wärme so entschieden in den Vordergrund, dass ihr unbedenklich einerseits die Herstellung, Erhaltung oder Abänderung der klimatischen Eigenthümlichkeit, anderseits die erste Wirksamkeit im gesunden und kranken Leben des Menschen zugeschrieben werden darf. Auf sie legt man daher auch das meiste Gewicht in der Auswahl und Beurtheilung der klimatischen Kur- und Erholungsorte, sei es, dass ein bestimmtes Mass von Wärme in den einzelnen Jahreszeiten als verfügbar gefordert, sei es, dass der Wunsch hauptsächlich auf bedeutende Gleichmässigkeit des Temperatur-Ganges gerichtet wird. In ersterer Beziehung lassen sich absolute Werthe um so weniger aufstellen, als Constitution und Erkrankungsform sehr verschiedene Temperatur-Ansprüche begründen, und überdies selbst die unter Kenntniss und Würdigung der componirenden Sonderwerthe gewonnenen Mittelzahlen bei gleicher Höhe durch den modificirenden Einfluss secundärer meteorischer Elemente zu höchst abweichenden Wirkungen am Organismus führen können. Wenn im Allgemeinen das Isothermensystem 16—20° C. dem specifischen Krankenklima zu Grund gelegt wird, kann damit nur gemeint sein, dass nach weit mehr bestätigenden als widersprechenden Erfahrungen viele in jenen thermischen Rayon fallende Gegenden einen solchen Complex von Wetter-Phänomenen darzubieten pflegen, dass der Organismus, zumal wenn ihm von pathologischen Processen zugesetzt wird, der möglichsten Schonung versichert sein darf, welche indess die in jenen Durchschnitts-Graden gewährleistete Wärme für sich allein überhaupt nicht mit voller Bestimmtheit zu verbürgen vermag, und am wenigsten dann, wenn in der Isotherme excessive Isochimenen und Isotheren, wie beträchtliche Monats-Anomalien verborgen sind. Jedenfalls müssen also auch diese in die klimatisch-medicinische Kritik aufgenommen werden, welche besonderen Nutzen auf eine übersichtliche Darstellung der thermischen Aequabilität legen müsste. Indem die Orte mit gleichen Maximal Variationen des Jahres, dann diejenigen mit übereinstimmenden Tagesschwankungen durch Kurven der jährlichen und täglichen Temperatur-Amplitude verbunden würden, erhielte man eine Ergänzung der Thermographik, deren hygienischer Werth so einleuchtend ist, dass die gegenwärtige Dürftigkeit des Materiales vor späterer Ausführung der Idee nicht zurückschrecken darf. In der Regel werden die jährlichen Oscillationen der Wärme am meisten beachtet und gefürchtet, denn die Praxis der klimatischen Kuren dreht sich grossentheils um die Aufgabe einer künstlichen Verlängerung des Sommers oder einer möglichst glimpflichen Gestaltung des Winters,

was mittels Aufsuchung und Bewohnung südlich gelegener Orte zu Stand gebracht wird. Dabei ist nicht zu übersehen, dass auch der in den einzelnen Tagesstunden stattfindende Wärmewechsel wegen seiner kurzen Periodicität zu Bedenken veranlassen muss, wenn er nicht in einer absoluten Höhe der Temperaturgrade erfolgt, auf welcher deren Differenzen dem Organismus überhaupt gleichgiltiger erscheinen, und wenn nicht gerade die grellsten Abstufungen auf Tageszeiten fallen, an denen ohnedem die häusliche Gewohnheit wenigstens der leidenden Individuen auf besonderen, meist ausreichenden Schutz bedacht ist. Findet dies oder jenes nicht statt, so ist der Kranke zwar um seinen heimathlichen Winter, zugleich aber auch um den wirklichen Vortheil seiner Reise betrogen, denn überall wo die Tagesschwankungen weit über 55° C. hinausgehen, wird die organische Wärme-Production in hohem, Krankheitszuständen selten angemessenem, Grade beansprucht, und wo selbst während der besten Tageszeit, welche ungefähr zwischen 10 und 4 Uhr dem Kranken völlig unverkürzt oder doch nur mit sehr seltenen Ausnahmen zum Aufenthalt im Freien verfügbar sein soll, schroffe Temperatursprünge an die Vertheilung von Sonne und Schatten gebunden sind, da findet der Kranke sich entweder gefährdet, oder in seinen Lebens-Gewohnheiten beschränkt. — Als Uebersicht der monatlichen Mitteltemperaturen bekannter klimatischer Kurorte diene folgender theilweise umgearbeiteter Auszug einer Tabelle in Oppenheimer's Lehrbuch der physikalischen Heilmittel.

°C. +	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	Septembr.	Oktober.	November.	December.
1.25.	Meran											
2.50.												Meran
3.75.		Meran										Venedig
5.00.	Pau, Pisa	Jersey	Jersey									Pau Jersey
6.25.	Jersey Nizza	Pau									Meran	
7.50.		Nizza	Venedig Pisa								Venedig Pau	Pisa Nizza
8.75.	Catania		Meran Pau	Jersey								
10.00.	Mentone Palermo	Mentone Palermo	Pisa Nizza	Pau							Mentone Jersey	Mentone
11.25.	Algier Malaga	Catania Malaga	Mentone	Nizza	Jersey					Jersey	Nizza	
12.50.		Algier Cairo	Catania Malaga	Meran		St. Moriz		St. Moriz		Meran		Malaga Catania
13.75.	Cairo			Pisa			St. Moriz			Venedig Pau	Malaga	
15.00.				Catania Algier					Nizza Jersey		Catania	

16.25.		Funchal		Malaga Mentone	Pau Nizza	Jersey	Jersey	Jersey		Pisa Nizza	Cairo	Cairo
17 50.	Funchal		Funchal Cairo	Funchal	Funchal Meran	Ischl	Ischl		Meran	Mentone Malaga		Funchal
18.75.					Algier				Venedig	Palermo	Funchal	
20.00.					Malaga	Funchal Meran Nizza, Pau	Pau		Mentone Pau	Catania Algier		
21.25.					Catania Mentone	Algier		Meran	Pisa Malaga	Cairo Funchal		
22.50.						Malaga Mentone	Funchal Meran Nizza	Funchal Pau Nizza	Funchal Algier			
23.75.							Pisa Algier	Pisa Algier				
25.00.				Cairo	Cairo	Catania		Palermo Malaga Mentone	Cairo Catania			
26.25.							Malaga					
27.50.						Cairo						
28.75.							Cairo	Cairo				
30.00.							Catania					

Man sieht, dass für sämmtliche Monate des Jahres keine der aufgezählten europäischen und nordafrikanischen Stationen, welche für uns in klimatisch-hygienischer Beziehung fast ausschliesslich in Betracht kommen, eine bestimmte höhere Temperatur darbietet, dass also wenn diese in tadelloser Constanz für den Leidenden in Aussicht genommen würde, entweder in die Tropen gegangen oder mit den aussertropischen Aufenthaltorten gewechselt werden müsste. Wer z. B. eine andauernde Wärme von 17—18° C angenehm und zuträglich für sich fände und im ganzen Jahr geniessen wollte, könnte den Sommer in Ischl zubringen, müsste aber für den September nach Meran, im Spätherbst nach Mentone gehen und dürfte den besten Winter-Aufenthalt auf Madera nehmen. — Die Mässigung des Stoffwechsels, die grössere thermische Uebereinstimmung der Athmungsluft und der respiratorischen Schleimhäute, die Abwesenheit aller, krampfhafte Bewegungen auslösenden rauhen Reize, die ausgiebige Erweiterung der Lungenspitzen hat von jeher und sonst beinahe ausschliesslich südliche milde Klimate in Anwendung ziehen lassen, wobei in zweiter Linie vornehmlich die Feuchtigkeit unter der Annahme beachtet wurde, dass trocknere Luft einem torpiden Habitus, feuchtere dem reizbaren Gefäss- und Nervensystem zusage, in welch letzterer Hinsicht Rullmann für die Grade der relativen Feuchtigkeit folgende Reihe aufstellt: Kairo, Algerien, Hyeres, Nizza, Cannes, Mentone, San Remo, Neapel, Rom, Pisa, Madera: von grösster Trockenheit allmälig zu 73 prc. ansteigend; Palermo: 76; Venedig 80; und v. Vivenot nach der Zahl der Regentage verzeichnet: Cairo 12, Nizza 52, Catania 69, Algier 74, Venedig 83, Madera 93, Neapel 97, Palermo 106, Rom 114, Florenz 115, Pisa 122.

In neuerer Zeit fängt man an, mehr Gewicht auf die Reinheit und Fülle der den Lungen zugeführten Luft als auf deren Temperatur zu legen, ja sogar einen tiefen Grad der letzteren, wie ihn Höhenkurorte spenden, der von niedriger Atmosphärenpressung und einer der relativen Sauerstoffarmuth entsprechenden tieferen Inspiration unterstützten Gymnastik der Lungen heilsam zu halten. So erwuchs die hygienische Bedeutung der Gebirge.

§. 429. Der klimatische Hauptcharakter der Gebirge besteht in einer, auf ziemlich complicirtem Weg zu Stand gebrachten Mässigung der Temperaturextreme, in reichlichen Niederschlägen und in einer trotz nicht geringfügiger relativer atmosphäriler Feuchtigkeit gesteigerten Evaporationskraft, besonders aber in, mit der Höhe zunehmender, Verminderung des Luftdruckes. Letzteres Moment ist sofort verständlich und auch in seiner medicinischen Bedeutung ziemlich leicht abgeschätzt, indem diese hauptsächlich in der mechanischen Entlastung der ober-

flächlichen Blutbewegung und des Gas-Austausches, in nebensächlichen Modificationen der theilweisen Aequivalenz der Extremitäten, demnach in einer vom Bedürfniss lebhafter angeregten Athmung und in einer Anstrengung bei Bewegungen liegt, welche den Körper kräftigen können, aber auch seine Leistungsfähigkeit in einem der Krankheits-Entwicklung nicht immer günstigen Sinne beanspruchen. — An den drei zuvor erwähnten Erscheinungen, welche sich zum Theil zu widersprechen scheinen, arbeiten der aufsteigende Luftstrom, die Winde und die Strahlung. Der erstere, von allen unter der Sonnen-Einwirkung erwärmten Stellen der Erdoberfläche emporgehend und das aus fast allerwärts verfügbarem Material aufgenommene Wassergas mit heraufnehmend, kühlt sich durch allmälige Verdünnung in den oberen Regionen ab und schlägt demgemäs einen beträchtlichen Theil seiner Feuchtigkeit nieder, welche noch dadurch vermehrt wird, dass dunstreiche Winde, die über Ebenen ohne namhafte Modification der Witterung hätten wegziehen können, an den Bergrücken und Spitzen gestaut, durch Berührung mit Schnee- oder Gletscher-Flächen erkaltet und hiemit in ihrer Hygrocapacität beeinträchtigt werden. In den Zwischenzeiten häufiger und massenhafter Niederschläge gewinnen indess die Sonnenstrahlen sowohl wegen der die Durchstrahlung erleichternden reinen und dünnen Luft als wegen der, nach Zeit und Ort günstigen, Exposition der bestrahlten Flächen eine solche Macht, dass selbst im Winter eine auffallend hohe Temperatur erreicht, und die Verdunstung so gefördert wird, dass der angestrengte Organismus wenig schwitzt und die secretorisch befeuchtete Schleimhaut consistentere Producte gibt. Die Ausstrahlung bei Nacht ist wegen selten vermisster abendlicher Wolkenbildung der Temperatur nicht so nachtheilig, als bei der Configuration der ähnlich gewissen prominirenden Körpertheilen zu Wärmeverlusten höchlich geneigten Massen von grosser Oberfläche und verhältnissmässig kleinem Volumen zu erwarten wäre; zudem fliessen die an den ausstrahlenden Gipfeln und Hängen abgekühlten Luftschichten thalabwärts, um an der Soole stagnirend deren Vegetation weit mehr zu gefährden, als in höheren Regionen, welche zeitweise wärmenden Winden zugänglich bleiben. — Schon daraus und mehr noch aus genauerer örtlicher Durchforschung eines beliebigen Gebirges folgt, dass ein allgemeines „Alpenklima“ gar nicht existirt, — „wenn man nicht eben den ungeheuren örtlichen Wechsel mit diesem Namen belegen wollte.“ (Wessely.) — Werden, wie es den thatsächlichen Verhältnissen, also auch den mit ihnen Hand in Hand gehenden meteorischen Erscheinungen angemessen ist, Höhen und Thäler auseinandergehalten, so findet man auf jenen die oben als ein constituirender Factor des vielgestaltigen Gebirgsklima hingestellte Insolation für die Temperatur so Ausschlag gebend, dass dieselbe sowohl gleichmässiger wie höher ist, als nach

der Lage und in Vergleich zu den Wärme-Mitteln umgebender Orte vermuthet werden mochte. Auf dem St. Bernhard mit 7838′ Höhe steht der Werth der monatlichen Durchschnittminima noch etwas über — 20° C. Extreme von — 30° C. sind äusserst selten, und der Unterschied des wärmsten und kältesten Monates beträgt nur 15° C., weil der Winter heiter, der Sommer bewölkt zu sein pflegt. Die Thäler befinden sich trotz eines gewöhnlich besseren Schutzes gegen die Winde unter viel ungünstigeren thermischen Verhältnissen, weil die herabgesunkene kalte Luftlage stockt, der Schnee in zusammengewehten, für Sonne und Wind schlecht zugänglichen Haufen länger liegen bleibt und dichte Nebel, zumal im Frühling und Herbst die Insolation hindern. In dessen Folge sind im Thal die Winter kälter und die Sommer nicht viel wärmer, als oben. Schon kleine verticale Unterschiede geben bedeutenden Ausschlag; so ist die Durchschnittwärme auf Rigikulm (5643′) im Sommer: +8.8° C., im Winter: —4.7° C., also die Jahresdifferenz: 13.5° C.; bei Bevers (5421′) beziehentlich: + 11.2° und — 8° C. mithin d = 19.2° C., wonach im Thal eine um 5.7° C. grössere Schwankung der Jahreswärme herrscht, als auf dem Berge. Absolute minima einer sechsjährigen Periode waren für Rigi: — 21.6°, für Bevers: —30.4° C. — Es wird daraus in hohem Grade fraglich, ob der bei allgemeiner Erwägung der voraussichtlichen Wetterverhältnisse nahliegende Vorzug anscheinend geschützter Thäler nicht oft genug durch die Thatsachen illusorisch gemacht wird, um nicht bloss einen beschränkten Werth auf Grund specieller Untersuchungen beanspruchen zu dürfen, während sich im Allgemeinen nur sagen lässt, dass eine ergiebige Ventilation und genügende Zugänglichkeit für die Sonnenstrahlen nothwendige Voraussetzungen eines empfehlenswerthen Thalklimas bilden. Ausserdem kommt es in der feuchten stagnirenden Luft zu verminderter Hautverdunstung, vermehrter Schleim-Erzeugung, schneller Wärme-Ableitung und einer Trägheit des Stoffwechsels, deren Folgen bis zu constitutionellen Anomalien der Skrofulose, endemischen Kropfbildung und des Cretinismus vorschreiten können. Hieher mehr als für die Bewohner der Städte, „welche warmen (? eigentlich mehr feuchten!) Winden ausgesetzt sind“ passt des Hippokrates Angabe, sie würden feuchte mit Schleim angefüllte Köpfe, häufigen Durchfall, eine schwächliche Körper-Constitution und schlechten Appetit haben. —

§. 430. Im Besonderen interessiren uns natürlich weitaus am meisten die Alpen. — Hier wie in allen Gebirgen, deren Höhen mindestens gegen 2000 m. hingehen, ist die namhafte Verdünnung der Luft Anlass einer Temperatur-Erniedrigung, welche die Winter verlängert, in ihnen ungeheure Schneemassen häuft, deren Quantität bei der geographisch bekannten Windexposition des Bergzuges diejenige gleichkalter nordischer Flächen übertrifft, während wegen der

Bodengestaltung die Vertheilung eine weniger gleichförmige ist, als auf diesen, die Vegetation sehr spät erwachen lässt, sie noch in der ersten Zeit des kaum dreimonatlichen Sommers, dessen relativ oft hohe Hitze hier in der günstigen Strahlenincidenz, innerhalb der vergleichbaren Polarzone dagegen in der langen Tages-Insolation begründet ist, mit Froströckfällen durch die nächtliche Ausstrahlung bedroht, und schon im September vernehmlich zur Ruhe ruft. Im Weiteren macht die Configuration alle ein gewisses besonders vom jährlichen Wärmemittel vorgeschriebenes Mass überschreitende Vergleichung des alpinen und arktischen Klimas hinfällig, denn die Polarebenen empfangen fast an allen Stellen gleichmässig die wärmenden Sonnenstrahlen, die winterlichen Erstarrnngs-Producte werden überall in derselben Weise bekämpft und zurückgedrängt, ihr Schmelzwasser kommt ohne viel Verlust dem wenig abschüssigen Boden zu gut, um darauf einen niedrig bleibenden aber weit ausgebreiteten Pflanzenteppich zu ernähren, freilich auch unter schlimmeren Umständen Sumpf und Morast oder doch hygienisch bedenklich fluctuirendes Grundwasser zu erzeugen. Im Gebirg gibt es immer Schattenseiten, welche von den Sonnenstrahlen gar nicht oder nur kurz begrüsst nicht bloss selber kalt bleiben, sondern auch auf die Temperatur der ihnen verbundenen an sich besser oberflächlich situirten Massen zurückwirken; der bald reichlich bald dürftig angehäufte Schnee schmilzt selbst im höchsten Sommer nur theilweise ab, wirkt also von den oberen „ewigen" Lagen aus wie mittels der aus abwechselnder Schmelzung und Erstarrung unter Mitwirkung ungeheuren Druckes entstandenen weit herunter steigenden Gletscher erkaltend auf die Umgebung, rinnt schmelzend ab, lässt demnach den Boden steriler aber auch trockener. Mit diesen Modificationen also wäre das rein alpine Klima dem arktischen parallel zu setzen, während die hygienisch nicht mehr in Betracht kommenden höchsten Eisregionen mit dem eigentlichen Polarland und die subalpinen Zonen mit der klimatischen Provinz Europa's mehr übereinstimmen, welche als baltische bezeichnet wurde (Lorenz). — Der letztere Gürtel liegt in den Alpen zwischen 6500 und 2500'; erst unter dieser Minimalhöhe gewinnt die südlichere geographische Lage einen Einfluss auf die klimatische Charakterbestimmung. — Biermann zieht die untere Grenze des alpinen Klimas der Schweiz und Tirols bei 3500' P.; im Riesengebirg und Schwarzwald bei 3000', auf den Pyrenäen und in Corsica bei 4000', in Mexiko und am Himalaya bei 5000'; diejenige des subalpinen in der gemässigten Zone bei 1200', in der heissen bei 3000' P. Eigenthümlich dem letzteren gegenüber dem trockenkühlen ersteren mit seiner dünnen Ozonreichen heitren Luft, welche gleich einer kräftigen Kaltwasserkur Nerven, Lungen und Haut anregt, ist ein höherer Grad von Feuchtigkeit nicht so sehr der Luft, als des

weniger felsigen mehr Pflanzentragenden Boden, geringere. Sonnen-Einstrahlung, grösserer Schutz vor den Winden. Die hiedurch bewerkstelligte Modification der Athmung und des Kreislaufes ist mässig und mild, die Gesammtwirkung, analog einer moderirten Kaltwasserkur, mehr stärkend als anregend. Als Beispiele gelten: Kreuth 2900′ hoch; Pfeffers, 2100′, von welchem Lombard den schwachen Schutz gegen Nord und Ost bedauert; Interlaken, 1740′; Ragaz, 1600′; Reichenhall, 1400′ P. hoch. In der heissen Zone sind die natürlich um Vieles höher hinauf gehenden subalpinen Klimate mehr noch als zur Behandlung der Lungenleiden, welche jedoch auf den Höhen von Peru der trefflichsten prophylaktischen wie therapeutischen Erfolge sich rühmt, zur Erholung von den wenigen Europäern ersparten Intestinal-Beschwerden, in welcher Hinsicht bemerkenswerth erscheint, dass die in den Tropen erworbenen Leber-Affectionen in der kühleren Temperatur der gemässigten Regionen leichter heilen oder doch milder und weniger bedrohlich verlaufen, wie zum Schutz gegen die Fieber-Miasmen in systematischem Gebrauch, indem von den Regierungen Sanatorien den Kranken und Reconvalescenten unter den in ihrem Dienste Stehenden verfügbar gestellt werden. Am bekanntesten unter solchen Höhen-Gesundheit-Stationen sind im Himalaya: Simla 7400′ hoch, Darjeeling 7500′, mit jährlichen Temperaturmitteln von 14.6 und 12.1° C., Nuwara Eliya auf Ceylon 6200′ hoch, Durchschnittswärme: 14.75° C.; ferner: Mahabuleschur (4500′; 19.25° C.) und Dodabella (8600′; 11.2° C). —

§. 431. So charakteristisch und in sich abgeschlossen wie das Gebirgsklima, ja in Betracht der mannigfachen Factoren und der localen Eigenthümlichkeiten, welche an diesem zusammenwirken, selbständiger und mehr aus Einem Gusse geformt, mit einem Worte: specifisch erscheint auf der Erde nur noch das Seeklima, in reinster Form auf offenem Meere bloss vorübergehend und unter meist nicht sehr günstigen Nebenumständen zugänglich, doch auch in der modificirten Gestalt des Insel- und Küsten-Klima durch hohen Luftdruck, starke Dunstsättigung, kleine Schwankung der mässigen Temperatur und constante, auch im Wechsel regelmässige, Windrichtung deutlich ausgezeichnet und befähigt, anfangs zwar psychisch und physisch anzuregen, dann aber in den beruhigenden Effecten einer verlangsamten Herzthätigkeit, einer breiten tiefen Athmung, einer ohne Anstrengung im besten Appetit sich verrathenden Steigerung des Stoffwechsels einen höchst behaglichen und selbst weit heruntergekommenen Kranken meist zuträglichen Aufenthalt zu gewähren. —

Die allgemeine thermische Grundlage des Seeklimas kann nirgend anders, als in der, durch seine massenhafte und weithin erstreckte Gegenwart es bedingenden Substanz: im Wasser gesucht

werden. Das Verhalten desselben gegen die Wärme ist in vierfacher Weise charakteristisch; erstlich besitzt es eine hohe Wärme-Capacität, fordert also zu merklicher Temperatur-Erhöhung eine bedeutende thermische Zufuhr, bewahrt aber auch den Gewinn so andauernd, dass es die Bedeutung eines Aufspeicherungs-Reservoirs oder einer Sparkasse für den irdischen Wärme-Haushalt gewinnt; in zweiter Linie ist die calorische Leitungsfähigkeit des Wassers gering, demnach eine unmittelbare Uebergabe der Wärme zwischen ruhenden Schichten wenig in Aussicht stehend, während die durch eine verhältnissmässig starke thermische Ausdehnung erleichterten wärmeren Massen aufsteigend und abfliessend in sicheren weitverbreiteten Strömungen zur Ausgleichung von Temperaturdifferenzen beitragen; in dritter Linie ist die Zurückwerfung der strahlenden Wärme, wenigstens so weit sie mit dem Lichte verbunden ist, eine zwar nicht geringfügige, aber doch nur theilweise, indem wegen der viertens in Anschlag zu bringenden relativ hohen Diathermanität des Wassers viel Wärme bis zum festen Grunde gelangt, welcher wieder umgekehrt durch die Bedeckung mit dem flüssigen Element nicht ganz von den thermischen Strahlungsvorgängen ausgeschlossen, jedenfalls aber namhaft darin ermässigt ist. Während diese vier Momente der Flüssigkeit als solcher eigen sind, kommen neue Erscheinungen mit ihren Folgen zur Geltung, wenn Umänderungen des Aggregatzustandes eintreten. Die Erstarrung, welche in unsren Breiten selten auf längere Zeit den Wasserspiegel in calorischer Hinsicht dem Continent gleichstellt, wohl aber in der Aufhebung der den obigen Eigenthümlichkeiten entspriessenden Vortheile eine bedeutende Rolle für die Meteoration nördlicher Gegenden spielt, wird an Intensität und Häufigkeit der Wirkung übertroffen von der Verdunstung, indem diese zu allen Jahreszeiten, jedoch mit der Wärme steigend, an den freien Flächen vor sich geht, und bei der hohen Wärmelatenz, welche mit ihr verbunden ist, beträchtliche Temperatur-Erniedrigungen bewerkstelligen kann. — Alles dies zusammengenommen vereinigt sich zur Mässigung der Wärme- wie Kälte-Extreme, zur gleichmässigeren Vertheilung der Jahrestemperatur und zur Herabsetzung ihres Mittelwerthes, in welchen Effecten in der That die thermische Eigenthümlichkeit der Seeklimate gefunden wird.

Auch der weiters dem letzteren charakteristische reguläre Wechsel gewisser Winde ist vom thermisch-differenten Verhalten des Landes und Wassers herzuleiten. Auf geometrisch gleichgrossen Flächen bietet jenes mit seinen vielfältigen, durch Vegetation oder Kunst oft noch vermehrten Rauhigkeiten und Unebenheiten unvergleichlich mehr zur Ein- und Ausstrahlung geeignete Punkte dar, als die absolut glatte, auch durch Wellenkräuselung und stürmische Wallung darin verhältnissmässig geringer modificirte, wenigstens nicht bleibend al-

terirte Flüssigkeit. In dessen Folge wird unter der Sonne das Land relativ wärmer, als das Meer, der über jenem aufgelockerte emporsteigende Luftstrom saugt in die verdünnteren Lagen die kühlere Seeluft herein, deren Richtung am bestimmtesten ausgeprägt erscheint, wenn in den Nachmittagstunden die solare Nachwirkung ihr maximum erreichte; dagegen bleibt in der nächtlichen Abkühlung die glattere See hinter dem stark ausstrahlenden Boden zurück, es werden also jetzt über ihr relativ aufgelockerte Luftmassen liegen, gegen welche am merklichsten, wenn vor Sonnenaufgang der höchste desfallsige Temperatur-Unterschied erreicht ist, der Landwind vordringt. Die entgegengesetzten Strömungen in der oberen Atmosphäre sind zur Erzielung des Gleichgewichtes und zur Erhaltung der Vorgänge unerlässlich, haben aber keine praktisch hygienische Bedeutung im Seeklima und gelangen in der Regel nicht einmal zum directen Nachweis; doch ist auf Teneriffa ein Beispiel bekannt, indem von zwei Windmühlen, deren verticaler Unterschied in der Lage bloss 900′ beträgt, zu gleicher Zeit die obere vom südöstlichen Seewind, die untere vom nordwestlichen Landwind in Gang gesetzt wird. — Gänzlich fehlt dieser Wechsel localer Winde, von denen der nachmittägige Seewind durch Kühlung der continentalen Hitze, Befeuchtung der Luft sowohl im gewöhnlichen Sinne der relativen Dampfsättigung, als direct mittels feinvertheilten, vom Wellenschlag emporgewirbelten Wassers, dessen Reibung und Verdunstung die Ozonisirung des Sauerstoffes befördert, Vertreibung der unreinen Emanationen des auf und in dem Erdreich spriessenden wie zerfallenden Lebens, endlich durch mitgeführte Haloid-Verbindungen eine hygienisch werthvolle Rolle spielt, an keiner Küste, selbst nicht an derjenigen grösserer Binnengewässer, und ebenso wenig in der heissen, als gemässigten und kalten Zone, aber allerdings ist er da am reinsten und sichersten, wo die geringsten Schwankungen und Anomalien der Witterung den regelmässigen Gang der meteorischen Ereignisse durchkreuzen. Wo dies geschieht, wie innerhalb der gemässigten Zone, ist im Interesse der mit bestimmten klimatischen Erwartungen den Aufenthalt wählenden Kranken eine öftere Unterbrechung, eine einseitig starke Entwicklung dieser oder jener Theil-Erscheinung und eine anscheinend irreguläre Richtung in Aussicht zu nehmen. Die letztere darf überhaupt nie mit allgemeiner Giltigkeit senkrecht zur Strandlinie erwartet werden; nur bei langhin der Hauptsache nach geradliniger Erstreckung derselben und sonst sehr regelmässigen Ortsverhältnissen dürfte dies der Fall sein, während sonst in Folge eigenthümlicher Anordnung der festen und flüssigen Massen, noch mehr aber wegen einer nach dem Schema des Kräfte-Parallelogrammes sich beigesellenden allgemeineren, im Wesentlichen auf die Constanz der Passate zurückführbaren Luftströmung Modificationen den Bahnen der Land-

und Seewinde aufgezwungen werden, welche für einige ihrer physikalischen Eigenschaften, worunter die Temperatur in erster Linie steht, mithin auch für ihre hygienischen Effecte nicht gleichgiltig sind. — Ausser der geographischen Breite werden demnach secundäre locale Umstände die Eintheilung der Seeklimate überhaupt und ihre besonderen medicinischen Zwecken gerecht werdende Abschätzung bedingen. — Man kann zweckmässig mit Biermann drei Hauptklassen der Seeklimate feststellen, in jeder aber Unterarten je nach Bedürfniss so vielfach zulassen, dass in der äussersten Differenzirung seltener Charaktere bis zur localen Vereinzelung herabgegangen wird. Dies mag in der Aufgabe einer speciellen Klimatologie liegen, während hier die Zusammenfassung übereinstimmender Momente mehr gerechtfertigt erscheint.

So erhalten wir: 1) die Küsten grösserer Continente; die Wärmeschwankungen sind hier nicht unbeträchtlich, die Grade der Feuchtigkeit mässig, die Winde kräftig entwickelt und von ausgesprochenem Variations-Charakter. Ist die Wirkung auch im Allgemeinen mehr anregend als beruhigend, so sind ihre Formen doch einigermassen verschieden, a) im wärmeren Süden, wie in Algerien, bei Malaga, längs der Riviera di ponente, wo zartere empfindliche Menschen ein mildes Labsal der Lungen finden, b) im Norden, dessen frischere Luft an Ost- und Nordsee einen höheren Grad organischer Widerstandfähigkeit voraussetzt, also weniger für tief Leidende passt, als für jene zahllose Schaar Halbkranker und nervös Erregter, welche durch ungeeignete Lebensweise, Ueberarbeitung und die reizenden Ansprüche des Lebens in eine Verstimmung der Organe versetzt worden sind, deren Ausgleichung in der feuchtkühlen nordischen Seeluft am besten gelingt. 2) Umfangreichere Inseln, wie Sicilien, Corsica und einige Glieder der westindischen, wie der australischen Gruppe. Die Temperatur-Variation ist gering, die atmosphärische Feuchtigkeit gross, der Wind mässig. Vulnerable Personen befinden sich wohl unter solchen Einflüssen, welche indess erschlaffend wirken können, und bei Vielen eine gewisse psychische Ermattung im, freilich höchst verschiedenartig, nicht ausschliesslich klimatisch motivirten Gefolge haben. 3) Kleine Inseln, wie Island, Madera, Mallorka und die paradiesischen Eilande des stillen Oceans. Eine grosse Gleichförmigkeit der meteorischen Elemente, kleinste, nördlich natürlich merkliche, dann geringfügige, zuletzt fast verschwindende Temperaturschwankungen, sehr grosse Feuchtigkeit und schwache Localwinde vereinen sich zu einer im Wesentlichen sedativen Gesammtwirkung, welche den Fortschritt selbst tief eingegrabener Krankheiten oft hinlänglich mildern und verzögern, um auf Umwegen ein roborirendes Resultat zu erzielen, das ihnen primär abgeht.

§. 432. Indifferente Klimate, der Zahl nach am reichlichsten vertreten, in schwächeren Nuancirungen der Wetter-Eigenthümlichkeiten aufs Vielfältigste abgestuft, für die allgemeine Verbreitung, Begründung und Entwicklung des organischen Lebens weitaus am wichtigsten, treten therapeutisch in den Hintergrund. Demungeachtet kann die richtige Auswahl und eine zeitgemässe Benützung desfallsiger Aufenthaltorte einem Kranken oder einer reizbaren Persönlichkeit viel Vortheil und Erleichterung gewähren, weil eine milde gleichmässige Temperatur, ein mittlerer Grad von Luftfeuchtigkeit, Seltenheit und Kürze der wässerigen Niederschläge, zumal in ihren festen winterlichen Anhäufungen, endlich besonders Schutz vor rauhen Winden nicht sowohl positiv günstige Einflüsse, als Wegfall, Abhaltung, Minderung von Schädlichkeiten einem gerade durch letztere vornehmlich in seinen pathologischen Schicksalen bestimmtem Organismus gewährt. Ein allen Ansprüchen und jeglicher Jahreszeit zusagender Complex gemässigter meteorischer Erscheinungen ist im Bereich der indiffirenten Klimate ebensowenig aufzufinden, als unter den vorher besprochenen mehr charakteristisch gefärbten; da es aber dort nicht einmal in dem relativen Sinne wie hier um wirkliche Heileffecte sich handelt, sondern um die von der Natur grossentheils mitgewährleistete Annehmlichkeit und Ruhe des Daseins, so ist ein unter den besser situirten Ständen in der That schon zur Gewohnheit gewordener Wechsel des Aufenthaltes nach den Jahreszeiten geeignet, Vortheile, welche an einem gegebenen Ort mit der Zeit variiren, durch correspondirende Veränderungen im Raume möglichst andauernd zu machen. Indem hiebei weitaus in erster Linie eine mässige Wärme steht, und eine detaillirte Verfolgung auch der übrigen Witterungs-Factoren die Grenzen dieser Betrachtung um so mehr überschritte, als ein erheblicher wissenschaftlicher oder praktischer Gewinn auf Grundlage der bisherigen Erfahrungen nicht in Aussicht stünde, genügt die Unterscheidung der indiffirenten klimatischen Kurorte in Winter-Stationen und Sommerfrischen, an welch beiderlei Formen Deutschland reich genug ist, um in dem hier betonten Interesse moderirter Erwartungen den Blick nicht in die Ferne schweifen lassen zu müssen. — Als Winter-Refugien kommen fast ausschliesslich Städte in Betracht wegen des grösseren häuslichen Comforts, der gesellschaftlichen Genüsse, doch auch eines gewissen durch Architektur oder Anpflanzung bewilligten Schutzes gegen irradiirende Erkaltung und rauhe Winde, welcher freilich von den emanirten und exhalirten Schädlichkeiten des menschlichen Lebens sehr in Schatten gestellt wird, indess zahlenmässig durch Fines in Perpignan dahin festgestellt ist, dass unter annähernd gleichen Umständen das jährliche Temperatur-Mittel im Stadt-Innern um 0.61° C. höher liegt als auf dem umgebenden offenen Lande, die absoluten maxima und minima um rspc. 0.26 u. 1.36° C (extrem selbst 6°) niedriger und

höher bleiben, die Wärmeschwankungen um 1.5—2.68° C kleiner ausfallen. — Die Werthe der mittleren Veränderlichkeit der durchschnittlichen Ortswärme, welche im Allgemeinen von N und E gegen S und W abnehmend in ihrer Höhe oder Geringfügigkeit einen Schluss gestatten auf eine im grösseren oder kleineren Grade verbürgte Stabilität des insbesondre nicht öfter von auffällig kalten Wintern unterbrochenen Temperaturganges, sind offenbar für unsren Gesichtspunkt wichtig, weil möglichste Sicherung vor unerwarteten Kälte-Anomalien unter den Hauptbedingungen eines zuverlässigen Winterschutzortes figurirt. Man erhält jene Zahlen, indem die Summe thunlichst vieler wirklich beobachteter Abweichungen vom sichergestellten Localmittel durch die Anzahl der in die Untersuchungsreihe aufgenommenen Jahre dividirt wird. Für das mittlere Deutschland kommen dabei einander sehr angenäherte Grössen heraus, beispielsweise für Wien: 1.32, Leipzig: 1.35, Berlin: 1.37, Regensburg: 1.59 (zur Vergleichung beträgt das derartige maximum im europäischen Russland 1.61, das minimum auf einigen schottischen Inseln 0.78) und auch diejenigen Orte, welche durch ihre thermische Acquabilität im Allgemeinen, und die mässigen Winter insbesondre eines hohen Rufes als deutsche Winterrefugien sich erfreuen, wie Wiesbaden, Carlsruhe, Cannstadt, Baden-Baden weichen von jenen Werthen unerheblich ab. Sofern demgemäss eine feinere Distinction der dem fraglichen Zweck entsprechenden Qualitäten beinah unmöglich, mindestens nicht hinlänglich fundirt ist, auch die Bevorzugung dieser oder jener Stadt mehr nach ihren socialen als meteorologischen Eigenschaften vermuthlich selbst dann geschähe, wenn letztere zwar sicher, aber bei dem vorwaltenden Charakter der Indifferenz nicht charakteristisch imponirend genug von der Wissenschaft hingestellt würden, gehen wir zu den gleichfalls bloss eine secundäre Aufmerksamkeit verdienenden Sommerfrischen über, an denen unser Vaterland ausserordentlich reich ist. Hier tritt umgekehrt das offene Land in seine Rechte ein, obschon kleinere Städte genug existiren, welche durch ihre landschaftliche Lage und klimatischen Vorzüge getrost mit jenen wetteifern können, von welchen überdies ein grosser Theil durch intensive und extensive Cultur derjenigen Zierde beraubt ist, an deren üppigen, bequem geniessbaren Bestand die wesentliche, zu ächtem hygienischen Nutzen steigerungsfähige Annehmlichkeit des sommerlichen Aufenthaltes anknüpft.

Ohne in eine specielle geographische Nomenclatur mich zu verlieren, nur vorübergehend die südbayerischen Seen, die lieblichen Thäler Thüringens, den Plauenschen Grund, den prächtigen Rheingau mit den bescheideneren doch beachtenswerthen Ufern seiner Nebenflüsse erwähnend betrachte ich noch den wohl nicht einzigen, aber ungern vermissten Factor der Sommerfrische: das Klima des Waldes.

§. 433. Die allgemeine meteorologische Wirkung der Vegetation besteht in Erniedrigung der Temperatur und in Vermehrung der Feuchtigkeit. Jede Pflanze besitzt eine im Verhältniss zum Volumen grosse Oberfläche, also viele ausstrahlende Punkte, deren abkühlender Einfluss an der reichlichen Thaubildung des bewachsenen Bodens am deutlichsten wird. Von der hiedurch der Luft entzogenen Flüssigkeit wie der vom Regen auf den Blättern massenhaft hängenbleibenden rinnt ein Theil ins Erdreich, um dieses tiefer und länger zu durchfeuchten, als ohne den Schutz der Pflanzendecke möglich wäre, der andre Theil verdunstet an den frei dem Firmamente zugewandten Flächen der letzteren, durch Wärmebindung die erkaltende Wirksamkeit des ersten Factors verstärkend. — Diese Hauptgrundzüge der klimatischen Rückwirkung der Pflanzenwelt erleiden manchfache Modificationen je nach der Form und Ueppigkeit der Vegetation, welche sich besonders interessant im Walde gestalten, dessen Krone gewissermassen die unmittelbar zur Atmosphäre in Beziehung tretende Fläche darstellt, unter der zwischen den in thermaler Hinsicht eine eigenthümliche Berücksichtigung erheischenden Holzstämmen die eigentliche Waldluft circulirt, nicht bloss besondere interne Erscheinungen bedingend, sondern auch die freie Umgebung der Waldregion beeinflussend; in dritter Reihe kommt noch der, von Laubfall und Moos grossentheils überzogene, vom Wurzelwerk durchfurchte Boden in meteorologischen Betracht. Es ist ein hohes Verdienst Ebermayer's in Aschaffenburg, schon im Entwicklungsgang unsrer Lehre verzeichnet und gewürdigt, die Resultate der von der bayerischen Regierung angeordneten forstlichen Witterungsbeobachtungen in übersichtlicher Darstellung verarbeitet und, soweit möglich, aus der Vereinzelung zu gesetzlichen Abstractionen erhoben zu haben. — Betrachten wir die drei Stufen, in welche die Natur selbst das meteorische Verhalten des Waldes gegliedert hat, so finden wir an der Blätterkrone des Tages eine tiefere, des Nachts eine ziemlich gleiche Temperatur mit ähnlich situirter kahler Fläche, also Verminderung der Durchschnittswerthe ebensowohl, wie des Abstandes der Extreme. Die thermale Einwirkung der Stämme verzögert zuweilen die Abkühlung des Laubwerks so nachhaltig, dass vorübergehend die Luft darin und dicht darüber etwas wärmer ist, als in der Umgebung, welche am häufigsten im November mit einem Medialwerth von 0.28° C eintretende positive Abweichung meistens bald in die negative übergeht. Absolute wie relative Feuchtigkeit der Luft in und über der Laubkrone ist vermehrt. — Der Wärmegang in den Baumstämmen ist langsam wegen der, namentlich senkrecht zu den Fasern äusserst schlechten Wärmeleitung, doch keineswegs geringfügig, im Einzelnen von der Gattung abhängig, im Ahorn z. B. nur halb so schnell, als in der Kiefer, im Ganzen aber als Erniedrigung der

Temperaturmittel, Verzögerung und Abschwächung der Schwankungen charakterisirbar. Die Angabe von Krutzsch, dass während der Nacht der Baum wärmer sei als die Luft, fand Ebermayer nicht immer bestätigt, wohl aber die in der Regel auch jetzt für jenen negativ ausfallende Temperaturdifferenz kleiner, als am Tag. Jahres- und Tageszeiten combiniren sich in ihren Einflüssen dahin, dass Morgens im Winter der Baum ein wenig wärmer, zu andren Jahreszeiten kälter ist, als die Luft; Mittags stets letzteres, Abends im unteren Theil gleichfalls während Frühling und Sommer, ebendaselbst dagegen wärmer im Herbst und Winter; dass endlich die oberen Baumstücke durchschnittlich doch nicht ausnahmsweise die Lufttemperatur in allen Jahreszeiten etwas übertreffen. Das minimum der letzteren wird in dünnen Aesten jedenfalls erreicht, wenn auch wohl unter einiger Verspätung, in den Stämmen jedoch um so weniger, je dicker sie sind; ähnlich verhält es sich mit dem maximum, wenn nicht dasselbe in direct bestrahlten dunkelfarbigen Zweigen sogar zeitweise überstiegen wird. — Im Boden des Waldes wird stets eine tiefere Temperatur angetroffen, als unter offenen Flächen, aber graduell mit den Jahreszeiten sehr verschieden. Die Mitteldifferenzen betragen für Bayern im Sommer 4.012, im Frühling 1.978, im Herbst 1.525, im Winter 0.025° C, also im Jahresdurchschnitt 1.887° C wonach die relativen Temperaturen in Bezug auf den mit 100 ausgedrückten Werth des nichtbewaldeten Landes dort respc. 76, 72, 84, 99 und 83 prc. ausmachen. Die letzte Zahl, deren arithmetische Berechnung eine factisch nicht gewährte gleich lange Dauer der vier Perioden voraussetzt, wird in Wirklichkeit nicht erreicht und variirt überdies mit der Tiefe; Ebermayer veranschlagt die durchschnittliche Waldbodentemperatur an der Oberfläche zu 79, 1′ tief: 80,2′: 78.9, 3′: 78.8 prc. des Jahresmittel im Freien. — Der Complex der hieraus ableitbaren klimatischen Erscheinungen ist bloss im Sommer imponirend genug, um sich zu einem charakteristischen Bilde des Waldklima und seiner Einflüsse auf die Umgebung abzurunden. Im Winter ist die Verminderung der erkaltenden Ausstrahlung geringfügig, wenigstens in den Waldungen mit Laubwechsel; in den Nadelholzbeständen allerdings merklich genug, um hier von einer Herabsetzung der Temperaturextreme sprechen zu können. Im Sommer pflegt bei Tagesanbruch eine feuchtwarme Luft über kühlerem Boden und unter der erkalteten Laubkrone zu liegen; diese erwärmt sich nun unter den Strahlen der heraufkommenden Sonne um so langsamer und weniger, je mehr gleichzeitig Wasser von den Blättern abdunstet; mithin kommt auch der darunter liegenden Luft bloss eine dürftige Temperaturzufuhr zu gut, solang nicht lebhaftere Strömmungen von der Seite her zur rascherer Temperatur Ausgleichung führen. Auch bei ruhigem Wetter gelangt in den späteren Tagesstunden, welche die Unterschiede der Insolation innen und aussen verschärfen, Beweg-

ung in die, unterdess vom wenig doch immerhin bis zu vermehrter Wasserverdampfung erwärmten Boden aus durchfeuchtete Luft, indem sie durch Ansaugung ins offene Land hinaus befördert wird, über welchem der thermale Ascensionstrom ihr Raum bereitete; bald daselbst genügend erwärmt muss sie an diesem selber theilnehmen, um nach Ueberfliessung in der oberen Atmosphäre wieder im kühleren Walde herunterzusinken. Mit Sonnenuntergang tritt natürlich auch am Walde die Temperatur erniedrigende Ausstrahlung in ihre Rechte, welche indess nur an den Baumkronen mit Erfolg geltend gemacht werden können, während zwischen und an den Stämmen die ausfahrenden Wärmewellen so vielfältige Reflexionen erfahren, dass die Abkühlung bei Weitem nicht bis auf den im Freien bemerklichen Grad herabsinkt. Eine milde Nacht und ein kühler Tag vereinen sich daher zu angenehmer Gestaltung des Waldaufenthaltes und erstrecken ihre klimatischen Einflüsse durch Vermittlung der Luftströmungen auch auf einen gewissen, in der Ausdehnung von der Grösse des Waldes, wie von den sonstigen territorialen Verhältnissen abhängigen, Rayon der Umgebung. In letzterer Hinsicht kommt nicht allein das gewissermassen dem Walde selbst angehörige Windsystem in Betracht, sondern auch die secundäre Einwirkung auf grössere Luftbewegungen von allgemeinerer Ursache und Verbreitung, welche über und durch den Wald wegziehen. Die höheren vornehmlich südwestlichen feuchtwarmen Winde werden in ihren Temperatur- und Feuchtigkeits-Verhältnissen direct vom Walde gar nicht berührt, und doch kann über ihm ihr Verhalten ein anderes sein, als auf offener Fläche, deren aufsteigender relativ trockner Luftstrom den hohen Sättigungsgrad hinsichtlich drohender Niederschläge unschädlich macht, welche auf den mit einer feuchtkühlen Atmosphäre ausgestatteten Wald reichlich und oft herabrieseln, nicht von ihm erzeugt, aber local begünstigt. Dagegen ist sein Einfluss auf die niedriger ziehende, ihn durchstreichende Luft mehr positiv; sie wird unter allen Umständen abgekühlt und bei Tage wenigstens im Feuchtigkeitgehalt gesteigert, während Nachts die Sache wegen der kleineren Erkaltung der Waldluft complicirter wird. Ueber die horizontale Einströmung der Luft selbst stellte 1863 Hagen einen die Situation künstlich nachahmenden Versuch an, indem er solche Winde ein Kammgitter durchstreichen und von Oben feinen Sand hineinfallen liess, welcher dicht vor und hinter der durchbrochenen Scheidewand sich anhäufte, weil die Luft einerseits vor den widerstehenden Vertikalstäben sich staut, anderseits von den mit ursprünglicher Geschwindigkeit durch die schmalen Wandintervalle eingelassenen Zügen sofort zur Seite abgleiten und bei dieser Verbreiterung an horizontaler Triebkraft verlieren muss. Dies wird sich bei häufiger und überdies unregelmässiger Wiederholung der schematischen Anordnung, innerhalb deren jetzt auch zahlreiche Anpralle

und Reflexionen unvermeidlich sind, bald so steigern, dass selbst ein sehr starker Wind mit allen seinen secundären, namentlich auf die Temperaturschwankungen bezüglichen Folgen circa 40 Meter tief im Walde kaum mehr empfunden wird. Damit ist allerdings nicht gesagt, dass die dem Gefühl anscheinende Stille eine thatsächliche sei, vielmehr zieht gewiss der ermässigte Luftstrom weiter, hat bei seiner Verlangsamung um so mehr Gelegenheit, an den klimatischen Eigenthümlichkeiten des Waldes zu participiren und kann die ihm dadurch zu Theil gewordenen Einflüsse noch mächtig genug mit ins Freie hinausbringen; doch aber dürfte die localmeteorologische Bedeutung des Waldes gegenüber den ins Gebiet seiner Baumhöhen fallenden Winden weniger in den namhaft gemachten Modificationen der Wärme und Feuchtigkeit bestehen, als im mechanischen Schutz der rückwärtsgelegenen Gegenden wie der Binnenblössen vor rauhen heftigen Winden und ihren, möglicher Weise miasmatischen, Begleitern. — Von den zuletzt erwähnten im Waldcomplex eingeschlossenen Asylen, welche zum Aufenthalt mit hygienischen Absichten besonders gern gewählt werden, constatirte Berger in der Nähe von Frankfurt, dass bei sommerlicher Bestrahlung aus dem ganzen Umfang des hievon direct unberührten dichtbelaubten Eichenbestandes und Buschwerkes kühlere Luft gegen die Mitte der abgeholzten Stelle floss, hier erwärmt aufstieg, frische aus dem Waldinnern heraussog, und in diesem ersichtlich den Bewohnern durch Reinheit, Kühle, Durchfeuchtung der Luft und Schwängerung mit dem waldigen Harzduft höchst erspriesslichen Ventilationsgeschäft bloss von heftigeren, die Baumwipfel schüttelnden Windstössen gestört wurde. Auf Wegen im Walde deutet der Rauch bei einseitiger Besonnung eine Luftaufströmung nach dieser Richtung hin an, während sonst bald der eine, bald der andre Ausgang aufgesucht und innen ein unsicherer Gang eingehalten wird. —

§. 434. Nicht vergessen dürfen wir des vielberufenen Ozon, an das Ebermayer die, natürlich im Complex aller seiner klimatischen Eigenthümlichkeiten begründete, doch allerdings in einzelnen Momenten besonders deutlich hervortretenden, hygienische Bedeutung des Waldes so wesentlich bindet, dass diese, den weitesten Kreisen geläufig gewordene, und desshalb vom Autor mit Recht besonders betonte Beziehung in der Ueberschrift eines eigenen Abschnittes einen hervorragenden Ausdruck erhält. Aus dem lehrreichen Inhalt desselben entnehmen wir, dass das Ozon, von welchem die Atmosphäre durchschnittlich kaum mehr als 0.000001 ihres Volumens enthält, im Wald keineswegs reichlich vorkommt, demnach eine in dieser Hinsicht vorgefasste weit verbreitete

Meinung sowohl im Allgemeinen corrigirt werden muss, als insbesondre hinsichtlich der von Schönbein vermuthungsweise begünstigten Annahme einer desfallsigen Bevorzugung der Nadelholzbestände, deren Terpentinölgehalt aus theoretischen Gründen und nach Mantegazza's Erfahrung einer reichlichen Entwicklung von Ozon aus, dem Sonnenlichte ausgesetzten, ätherischen Oelen als eine ausgezeichnete Quelle der fraglichen Substanz um so lieber galt, weil damit der unläugbar wohlthätige Einfluss der harzwürzigen Luft, welcher in den Kiefernadelbädern und in der Waldwolle gewissermassen zur Aufspeicherung und Verbringung auf Flaschen gezogen wurde, eine bestimmtere naturwissenschaftliche Erklärung gefunden hätte. — Nicht einmal die Vegetation an sich, welcher man im bereitwilligen Vertrauen selbst bei kleineren Massstäben der Anlage die Verbesserung der Städteluft zuschrieb und in modificirtem Sinne auch jetzt noch seit Zerstörung mancher Illusion zuschreiben darf, zeigt eine hervorragende Bedeutung für in- und extensiv mächtige Ozonisirung des atmosphärilen oder von den grünen Blättern im Lichte ausgehauchten Sauerstoffes, denn ausser den höchst bedeutsamen, gerade in dieser Richtung wahrhaft reformatorischen zu überraschend hohen Resultaten führenden Ozonbestimmungen Zittel's auf vollständig sterilen Flächen der lybischen Wüste, zeigen auch Ebermayer's Zusammenstellungen, dass der Ozongehalt der Waldregion im Winter nicht nur nicht sich verliert, sondern durchschnittlich am höchsten ist, und beiderseits durch den Frühling und Herbst zu sommerlichen Minimalwerthen herabsinkt. Indess würde man sehr irren, wenn deshalb gegentheils den pflanzlichen Lebensprocessen ein der atmosphärischen Ozonisirung direct nachtheiliger Effect zugeschrieben werden wollte; vielmehr ist höchst wahrscheinlich, dass in der üppigsten Wachsthumperiode auf Anregung der damit in Zusammenhang stehenden Ereignisse viel Sauerstoff die allotrope Form des Ozones annimmt, denn relativ grosse Mengen desselben schwängern immer die Luft in der unmittelbaren Umgebung des Waldes; vielmehr liegt der Grund des nie völlig negativen, doch meist geringfügigen Erfolges der Ozonexploration im Innern desselben im massenhaften Ozonverbrauch der langsam vermodernden Streudecke und Humusschicht des Bodens, in dessen Nähe wie in den unteren Luftlagen zwischen den Stämmen daher das modificirte Oxygen verhältnissmässig am dürftigsten vertreten sein wird. In der That hebt sich der Ozongehalt der Waldluft in den oberen Regionen und ist in den Blätterkronen relativ am grössten. Bei häufigen vertikalen und horizontalen Strömungen der Luft im und am Walde kommt deren Ozonreichthum oben und aussen zeitweise auch den, in ihren energischen Umsatzprocessen der Atmosphäre variablere Bedingungen stellenden, unteren und inneren Regionen zu gut, so dass die, die verschlungenen Wege der Naturvorgänge verfolgende, Forschung

Wald und Ozon in wohl verdienten Ehren belässt, ja befestigt, wenn auch vielleicht die directe Zerstörung von Miasmen in grossen Waldcomplexen vor der scharfen Prüfung nicht in klar bestimmtem causalem Bezug und insbesondre in kaum gesichertem Zusammenhang mit der Ozonwirksamkeit Stand halten dürfte. Allerdings wird berichtet, dass in Italien die waldreichsten Gegenden am freisten von Malaria seien, welche sogar aus den berüchtigten toskanischen Maremmen die Anpflanzung von Weisspappeln vertrieb, dass die Sümpfe Virginiens und Carolinas durch Wälder gesund erhalten würden, dass bei der Choleraepidemie von Allahabad 1859 die unter Bäumen gelegenen Wohnungen verschont blieben, das von Neembäumen umgebene Dorf Rhudogaum die Cholera nicht kenne und besonders Mango-Wälder einen hohen Schutz vor ihr gewährten, welcher da und dort durch Niederschlagung der Bäume verloren ging, dass nach Wilkens bei Breslau in ähnlicher Weise Bäume die Krankheit abhielten, und in Bayern Wälder denselben Dienst gegen Fieber- und Typhusepidemien gewährten. Aber gerade in letzterem Lande ist die seltsame Thatsache bekannt geworden, dass wesentlich anders und scheinbar ungünstig qualificirte Striche, nämlich Moore mit relativer Immunität ausgestattet waren, indem 1854 das Donaumoos bei Ingolstadt und Neuburg ringsumgeben von einem intensiv mit Cholera inficirten Gürtel gesund verblieb.

Jedenfalls ist hier wie in ähnlichen Fällen dem Boden und seinen Grundwasserverhältnissen mehr Bedeutung zuzutheilen, als den Producten und sonstigen Folgen der Vegetation, welche mindestens nicht allein bezüglich des Ozones, sondern im hygienischen Effect ihrer, Luft, Licht, Wärme, Feuchtigkeit betreffenden Gesammtwirksamkeit gewürdigt werden müsste.

Was die positive Frage der Ozonerzeugung anlangt, so ist wohl das Hauptgewicht auf die Veränderungen des Wassergehaltes, von Boden und Luft zu legen, jene vielfältigen Umgestaltungen des Aggregatzustandes bei der Verdunstung von Flüssigkeitsoberflächen und benetzten oder auch nur hygroskopisch durchfeuchteten festen Körpern, der Verdichtung des Dunstes an diesen wie in kälteren Luftschichten, und den zu Differenzen der relativen Feuchtigkeit, der Nebel- und Wolkenformen, der Niederschläge führenden Vorgängen in der Atmosphäre, welche allerdings mit der räumlichen Vertheilung und den zeitlichen Entwicklungsstadien der Vegetation in sehr nahem Zusammenhang stehen, doch auch unabhängig von ihr ablaufen können. Wenn ein relativ grosser Ozonreichthum an den feucht und hochgelegenen forstlichen Stationen gefunden wird, so ordnet sich dies ebenso der allgemeinen Bedingung unter, wie der hohe Ozongehalt der Luft an den Orten starker natürlicher (Meer) oder künstlicher (Gradirhäuser) Wasserzerstäubung, und Beides harmonirt mit der fast überall,

auf plattem Lande wie in Städten, wo der meist viel niedrigere, in bewohnten Räumen und Arbeitslocalen fast ganz verschwindende, nur zeitweise durch Lüftung erhöhte Ozongehalt von einem herbstlichen minimum den Winter hindurch auf ein Frühlings-maximum zu steigen pflegt, um im Sommer wieder herabzusinken, im Wald und auf dem Felde, im Continentalinnern wie an der Küste gemachten Erfahrung, dass die Ozonmenge steigt und fällt mit dem monatlichen Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit, in der Nacht gewöhnlich wächst, von SW, Sturm, Regen, Schnee, Gewitter ebenso begünstigt, wie von NE, Luftruhe und Trockenheit vermindert wird, und von localen Winden bloss insofern einen Einfluss erfährt, als dieselben entweder continentalen oder maritimen Ursprunges und danach verschieden hygrometrischen Charakters sind. —

§. 435. Zum Abschluss der für die indifferenten Klimate äusserst wichtigen Meteorologie des Waldes diene die Frage nach etwaigen Modificationen klimatischer Eigenthümlichkeiten durch Aufforstungen oder Abholzungen. Selbstverständlich sind dabei die Verhältnisse im Grossen ins Auge zu fassen, denn einerseits können kleinere Veränderungen im Wärmegang, in der Vertheilung der Niederschläge, in Richtung und Stärke der Winde auf beschränktem Gebiet keinen massgebenden Einfluss auf die allgemeinere Witterungsgeschichte gewinnen, anderseits werden die eben bloss zu jenen, nach Grad und Ausdehnung unbedeutenden, Erscheinungen führenden geringfügigen Umgestaltungen eines Fleckes der Erdoberfläche, wie sie in Folge der Laune oder der Speculation fast täglich vorkommen, in einem Meteorationsbilde verschwinden, welches zwar nie die ganze Erde umfasst, doch aber die Schicksale in weiterer räumlicher und zeitlicher Erstreckung als unter dem Gesichtpunkt der Kirchspielinteressen darstellen soll.

Als thatsächliche Beispiele einer in ihrer Möglichkeit, ja sogar grossen Tragweite keinesfalls abzuläugnenden Rückwirkung veränderten Waldbestandes auf das Klima von Ländern oder Provinzen werden die durch landschaftliche Reize wie Fruchtbarkeit im Alterthum berühmten griechischen Gefilde, Palästina und Persien, zum Theil Spanien und Sicilien in ihrer jetzigen Sterilität und Dürftigkeit zur Warnung gegen eine zu weit gehende, mit diesen Folgen belastete, Entwaldung hingestellt, wird umgekehrt die klimatische Milderung des taciteischen Germaniens durch Lichtung der Wälder (und Austrocknung der Sümpfe) behauptet, die Besserung der Gesundheitsverhältnisse in der Sologne mit grossartigen Wiederaufforstungen in Zusammenhang gebracht, die Bedrohung einzelner Theile von Frankreich (Vendée) mit den wechselnden Gefahren der Ueberschwemmung und der Dürre an schonungslose Ausbeutung der Waldreviere geknüpft,

und die gewissen Culturzwecken oder hygienischen Wünschen entsprechende Regenvermehrung Egyptens den Anpflanzungen Mehmed Ali's zu gut geschrieben. Der für letztere Notiz verantwortliche Bericht Marmont's, wonach seit Einführung der Baumwollencultur bei Alexandria 30—40 mal im Jahr (zuvor höchstens 2—3 mal) und im Winter zuweilen fast eine Woche lang Regen falle, blieb zwar nicht von allen Seiten unbestritten, indem durch andre Angaben wenigstens die Differenzhöhe des von der Vegetation hergeleiteten verschiedenartigen klimatischen Verhaltens dieses Landes (von welchem übrigens umgekehrt der obere höhere Theil noch in der Mitte vorigen Jahrhunderts viel mehr Regen gehabt haben soll, als jetzt nach Fällung der Bäume auf den arabisch-lybischen Grenzbergen des Nilthales) abgeschwächt wurde, die Erschwerung des Ackerbaues in der Provence, wo 1822 die im vorausgegangenen Jahre erfrorenen, schon länger mit unsicherer Aerndte bedrohten Oelbäume ausgerodet wurden, ist vielleicht ausser in der Vertrocknung der Quellen auch in der Beraubung des Windschutzes begründet, und die rauhe unwirthliche Schilderung des antiken Deutschlands stammt von Römern, deren Verweichlichung und heimatliche Angewöhnung Temperaturverhältnisse unerträglich fand, welche schwerlich in so kolossalem Verhältniss zu den jetzigen Mittelwerthen standen, um die Culturmelioration des deutschen Klimas gar zu hoch veranschlagen zu dürfen. – Auch nach Ermässigung aller auf den Gegenstand bezüglichen Ansichten und Erwartungen bleibt jedoch genug zweifelloses Material übrig, um einen factischen Einfluss der wechselnden Geschicke des Waldes auf die jahreszeitliche Vertheilung des Regens als ausser allem Zweifel stehend anerkennen zu lassen. Im Allgemeinen entzieht der Wald der Luft sehr viel mehr Feuchtigkeit, als er ihr irgendwie zu geben vermöchte und doch wird unter Umständen, von denen die locale Periodicität des Regens eine hervorragende Rolle spielt, durch seinen Einfluss gerade in entscheidenden Stadien der Vegetation ein Landstrich mit reichlichen Niederschlägen bedacht werden können, welcher in Ermangelung jenes frühzeitig und lang einer verhängnissvollen Dürre anheimfällt. Sommerliche Regen, deren vorwaltende Herrschaft sowohl der mittleren Tropenzone, als den höheren Breiten Centraleuropa's eigenthümlich ist, werden wenigstens in letzterer Region vom aufsteigenden Luftstrom des platten Landes oft verhindert, während der Wald jene meist die Fruchtbarkeit fördernden, höchstens die beständig heiteres Wetter als leicht übertriebenes Ideal ansehenden hygienischen Interessen vorübergehend schädigenden, Fluthen sich und der Nachbarschaft in ergiebigem Masse verschafft und erhält. Die charakteristischen Herbstregen Südeuropa's erscheinen in bewaldeten Gegenden vollständig gesichert, über kahlen Flächen aber bei Beginn der feuchten Zeit zum Schaden der Gesundheit wie des Bodenertrages höchlich gefährdet, weil die

noch schwächeren und seltneren Wolken an die durch die Insolation stark erwärmte trockne Luft soviel Wassergas in Lösung abgeben, dass der Niederschlag verzögert und zu wichtiger Zeit die Regenlosigkeit verlängert wird.

b. Zeitliche Schwankungen der Wärme.

§. 436. Die räumliche Wärmevertheilung auf der Erdoberfläche bildet die Grundlage ihrer klimatischen Charakterisirung und Eintheilung, aber die in der Zeit vorgehenden Veränderungen der Temperatur sprechen in thatsächlichen Fragen der Würdigung oder Benützung bestimmt meteorisirter Orte ein so gewichtiges Wort mit, dass in den bisherigen Untersuchungen mehr oder weniger ausdrücklich die Variabilität des Wärmeganges in Betracht zu nehmen war. Ueberhaupt forderte der complicirte Begriff des allgemeinen wie des medicinischen Klima die Hereinziehung secundärer Elemente, besonders der Feuchtigkeit und der Winde; weil aber diese im Wesentlichen der populären Erfahrung nicht fremdartigen Erscheinungen in der That im unmittelbaren Gefolge der localen Wärmeanordnung auftreten, auch in der Uebersicht der meteorologischen Entwicklung bis zur Anbahnung eines genügenden Verständnisses berührt werden mussten, endlich der Ausschlag gebende Eintheilungsgrund der Klimatologie eben doch ein räumliches, geographisches, Moment ist, schien es erlaubt, im unmittelbaren Anschluss an dieses ein zusammenhängendes Bild zu entwerfen, dessen zum Theil vorweggenommene Züge jetzt nur noch der systematischen Formation wegen kurz zu gesondertem Vortrag gelangen.

α. Temperaturvariationen des Tages.

§. 437. Der scheinbare Sonnengang am Firmament bringt unsre Wärmequelle während eines Tages erstlich zur Abwechslung des Auftrittes und der Abwesenheit, dann während der Gegenwartsperiode zu verschieden hohen Ständen über dem Horizont. Hiemit ist die tägliche Wärmevertheilung in zwei Hauptepochen und in einer Doppelreihe kleinerer Abstufungen naturgemäs festgestellt. Ihre empirische Verfolgung ist leicht, wenn es sich bloss um die jeweiligen Temperaturen von durch längere Zeitabschnitte getrennten Momenten handelt, schwierig, für manche Orte ganz unausführbar, wenn die Wärme nicht sprungweise, sondern in der allmäligen An- und Abschwellung constatirt werden soll. Die auf letzterem Wege, etwa durch stündliche Aufzeichnungen, welche zuerst 1778 in Padua Chiminello und Toaldo ausführten, gewonnene Kenntniss ist für me-

dicinisch bevorzugte Punkte unentbehrlich, im Grossen und Ganzen aber ersetzbar durch die Angaben weniger doch gut gewählter Beobachtungstermine. Die mannigfachen bezüglich ihrer gemachten Vorschläge und bestehenden Gewohnheiten brauchen hier nicht discutirt zu werden; es genügt die Erfahrungslehre, dass eine allzu ängstliche Abwägung des relativen Werthes zweier, vielleicht nur um 60 — 120 Minuten von einander abstehenden, Zeitpunkte unterbleiben und mit Beruhigung eine Auswahl von Stunden acceptirt werden darf, deren je eine in die erste Zeit des Morgens, der Nacht, und nah an die Tagesmitte fällt. Ich finde seit zwanzigjähriger Uebung meteorologischer Arbeiten 7 Uhr früh, 2 h Nachmittag, 9 Nachts ebenso so bequem, als sowohl für die extremen wie für die mittleren Resultate befriedigend, wenn zur Berechnung der letzteren die Summe des einfachen ersten und zweiten, aber des doppelten dritten Werthes durch 4 dividirt wird (Kämtz Medialregel der Mannheimer Stunden) und zur Controll der gewöhnlich von der Früh- und Nachmittagzahl nicht viel abweichenden minima und maxima ein Thermometrograph benützt wird. Da die neueren Apparate dieser Art noch nicht in weiteren Gebrauch gekommen zu sein scheinen, möge eine an Fig. 25

Fig. 25.

und 26. anknüpfende Beschreibung folgen. Die Functionirung des Minimalthermometers ist selbstverständlich; der Glasstift a wird von dem zurückgehenden, möglichst schwach gefärbten, Weingeist wegen der Oberflächenspannung der capillar-concaven Grenzfläche bei Temperaturverminderung mit zurückgenommen, bleibt aber an der so erreichten näher bei der Kugel b befindlichen Stelle liegen, wenn die Flüssigkeit, deren Reibung im homogenen Innern am Stiftchen zu klein ist, um sein Gewicht und seine Adhäsion an der Glaswand zu besiegen, der steigenden Wärme wieder nach Vorn folgt. Das mit Quecksilber gefüllte Maximalinstrument besitzt ausser der Kugel c und Röhre d eine kleine an der Grenze jener vertical aufsteigende Kammer e, welche bei Einstellung auf eine zukünftige Beobachtungs-

zeit durch Neigung der entsprechenden Seite mit Quecksilber gefüllt werden muss. Die Verbindungskanäle von Röhre, Kugel und Kammer sind von äusserster capillarer Feinheit, so dass die einmal in Folge der thermischen Ausdehnung in die Röhre hinausgetretene Quecksilbersäule in der Kälte verdichtet eher an jenem Engpass, der zweckmässig durch ein eingeklemmtes Stäbchen verschmälert und umgebogen ist, bei f abreisst, als ihn rückwärts durchdringt, zumal die durch die Schwere aus c heruntersinkende Masse als mechanisches Hinderniss den Weg verlegt, jenseit dessen man demnach den bis zum höchsten Wärmegrad vorgeschrittenen Quecksilberfaden als Maximalindex nach beliebiger Frist vorfindet. Doch ist seine Aussage unsicher, denn er unterliegt noch nach dem entscheidenden Moment thermalen, bei der geringen Masse allerdings unbeträchtlichen, Aenderungen des Volums und die höchst schwierig in genau richtigen Verhältnissen herstellbaren Uebergangstellen lassen leicht durch Erschütterung oder falsche Neigung Störungen der exact vorausgesetzten Trennungen und Senkungen der Flüssigkeit eintreten. —

Die Indication der thermischen Extreme erfolgt dagegen fast tadellos am Metallthermometrograph, dessen von Hermann und Pfister verbessert vor 4½ Jahren veröffentlichtes Princip der Zeichengebung schon viel länger im Gebrauch, wenn auch nicht weiter bekannt geworden zu sein scheint. Wenigstens besitzt das physikalische Kabinet in Bamberg eine mit Uhrgebäuse ausgestattete Thermospirale aus Silber und Platin, deren Zeiger rechts und links zwei feine Drähte verschiebt und an den entferntesten Ausweichungspunkten auf dem Zifferblatt liegen lässt. Das Inventar gibt keine bestimmte Anzeige über Zeit und Quelle der Anschaffung dieses Instrumentes, jedenfalls aber befindet es sich, wie aus andren historischen Notizen hervorgeht, seit mehr als 15 Jahren in der Sammlung. — Die Wärmemessung selbst geschieht auf Grund der ungleichförmigen Ausdehnung zweier fest vernieteter, an meinem (Pfister'schen) Instrument in vier Spiraltouren gewundener Metalle: Eisen (aussen) und Messing (innen) zum jedoch schlecht bewährten Schutz gegen Wettereinflüsse so dünn verplatinirt (besser wohl vergoldet), dass der thermische Ausdehnungscoëfficient des Ueberzuges (beziehlich 0,0009918 nach Troughton, und 0,001466 nach Laplace zwischen 0 und 100° C) diejenige der in 1,3 mm. dicken Stücken angewandten Hauptmetalle (beziehlich für Eisen 0,0011820 nach Dulong und Petit, für deutsches Messing 0,0018555 nach Roy) nicht merklich alterirt. Bei g (Fig. 26) befestigt rollt sich bei jeder Temperaturerhöhung die Spirale auf, weil das sich stärker ausdehnende, innen angebrachte Messing in höherem Grade gestreckt wird oder einem flacheren Kreise von grösserem Radius zustrebt, als das Aussen

Fig. 26.

befindliche schwächer expandirte Eisen. In Folge hievon dreht das Spiralende h mittels einer Gabel den Hauptzeiger i gegen die positive Seite der Skala k, bei der einer Abkühlung entsprechenden Einwärtsrollung aber gegen die negative Reihe l. Die beiden Indicatoren m und n werden mittels vertical darauf sitzender Zapfen, welche am Mittelzeiger anstossen, von diesem nach der einen oder andren Richtung hin verschoben und an den erreichten Extrempunkten stehen gelassen. Die Eintheilung der Skala geschieht empirisch und im vergleichenden Anschluss an diejenige eines Normalquecksilber-Thermometers. Da der voraussichtlich nicht vollkommen stabile Elasticitätszustand der Metalltheile ein fremdes Element in den Process einführt, ist dessen gleichmässiger Gang öfter zu prüfen und nöthigen Falles mittels einiger Stellschrauben die Spannung zu reguliren. Unter dieser Vorsicht finde ich den Apparat jedem sonst üblichen Extremthermographen an Bequemlichkeit überlegen und an Genauigkeit überhaupt einem gewöhnlichen guten zur Wärmemessung verwendeten Instrumente gleichwerthig.

§. 438. Von besondren Fragen steht in erster Linie diejenige nach den Zeitpunkten des täglichen minimum, medium und maximum. Die Antwort kann, auch das reichhaltigste Material vor-

ausgesetzt, keine vollständig allgemeine sein, sondern hat stets eine zeitlich und räumlich beschränkte Bedeutung. Das minimum der Luftwärme wird in Südeuropa circa 1,7 Stunde vor Sonnenaufgang in Mitteleuropa um Sonnenaufgang, in Nordeuropa um ungefähr 40 Minuten bald nach (Sommer) bald vor demselben (Winter) erreicht; das mehr noch von Nebeneinflüssen abhängige Maximum fällt 1—3 Stunden nach der Sonnenculmination, und zwar später im Sommer, als im Winter; der Mittelwerth der Tageswärme pflegt mit der in der Nähe des Sonnenunterganges gefundenen Temperatur nah übereinzustimmen. Die Tagestemperaturkurve steigt demnach steiler auf-, als abwärts. Lamont's Gesetz, dass die Tagesschwankungen im Abstand ihrer Extreme der Länge des Tages proportional seien, wird im Allgemeinen bestätigt, indem unter den Tropen die Constanz der letzteren in fast vollständiger Gleichmässigkeit der ersteren sich spiegelt, in der gemässigten Zone die langen Sommertage grössere Unterschiede aufweisen, als die kurzen Wintertage, in der Polarregion während der Winternacht aber die 24 stündige Periode ganz verschwindet. Im Besondren erleidet indess jene Erfahrungsregel vielfache Modificationen durch die geographische Breite, Seehöhe, Nähe und Ferne des Meeres, habituelle Heiterkeit oder Trübung des Himmels: die Amplitude wird erweitert, wo eine starke Ein- und Ausstrahlung ungehindert ihre excessiven Wirkungen setzen kann, verengert, wo die secundären Einflüsse den Temperaturgang überhaupt abschwächen und in seinen charakteristischen Ausschreitungen mässigen. —

β. Temperaturvariationen des Jahres.

§. 439. Um ein möglichst richtiges Bild der im Laufe eines Jahres einem Ort regelmässig zukommenden Temperaturschicksale zu erhalten, muss man sich Durchschnittwerthe der Wärme für gleichförmig abgegrenzte kurze Perioden desselben verschaffen, und da dies unter Zugrundlegung der einzelnen Tagesmittel sowohl hinsichtlich des vorausgesetzen Materiales, als der umständlichen Berechnung nur selten und an wenigen Punkten der Erde geschehen kann (Dove hatte bis 1848 fünfzehn Städte in dieser Art bearbeitet, unter denen Berlin die weitaus sicherste Basis von 110 Beobachtungsjahren bot) in den Monatmitteln aber viele Schwankungen bis zur vollkommenen Ausgleichung unsichtbar geworden sind, hält man sich am liebsten an 73 Pentaden, welche einige Ausnahmfälle abgerechnet die bedeutenderen Wendepunkte des jährlichen Temperaturganges gut erkennen lassen. — Man sieht nun sofort an jeder, einem beliebigen Ort angehörigen Beobachtungsreihe, dass bestimmte unverrückbare Grenzen in den Temperaturverhältnissen grösserer Zeitabschnitte nirgend

existiren, also insbesondre Anfang und Ende der meteorologischen oder gar astronomischen Jahreszeiten durch Nichts markirt sind, vielmehr ihre thermischen Eigenthümlichkeiten, sofern dieselben überhaupt prägnant hervorspringen, ganz allmälig ineinander übergehen und sogar mit häufigen Rückfällen oder Vorsprüngen vorübergehend ihre Gebiete überschreiten. Will man aber doch, was besonders aus praktisch medicinischen Gründen empfehlenswerth ist, aus Uebersichten der Monatstemperaturen Maximal-, Minimal- und Medialwerthe mit Sommer, Winter, Frühling und Herbst in Zusammenhang bringen, so erscheinen für die meisten Orte die ersteren in der Zeit zwischen dem 18. Juli und 4. August, die zweiten zwischen 3. und 24. Januar, die letzten einerseits zwischen 18. April und 3. Mai, anderseits zwischen 14. und 26. October. Das Mittel des letzteren Monates kommt relativ der durchschnittlichen Jahrestemperatur am nächsten, übersteigt sie beispielsweise in Paris um 0.56, in Rom um 1.12, bleibt aber darunter in Christiania um 0.4, in Padua um 0.13° C. —

B. Gleichgewicht und Bewegung der Atmosphäre.

§. 440. Die nächste Folge der nach Ort und Zeit wechselnden Wärmevertheilung an der Erdoberfläche sind Störungen der Luftruhe, welche an sich im nach einfachen Gesetzen variablen Ausdehnungsbestreben der Gashülle und in der tellurischen Gravitation so sicher verbürgt erscheint, dass an jedem Ort der Druck der im Uebrigen nach keiner Seite hin abfliessenden Luft aus der, über die vertikale Erstreckung der auflastenden Gassäule und zugleich über die Dichte der darin durch die Centralanziehung mehr oder weniger in der Expansion gehinderten Atome entscheidenden, Seehöhe berechenbar wäre. Thatsächlich aber betheiligt sich an den letzt erwähnten molekularen Anordnungen die Wärme in so einschneidendem Grade, dass die gravitirenden Einflüsse local grossentheils überwunden werden und sowohl partielle Verdünnungen und Anhäufungen der Gasmassen ihre Pressungen modificiren, als vertikale wie horizontale Ströme die Atmosphäre durchkreisen. Obwohl die mehr statischen Verhältnisse ständigen oder veränderlichen Luftdruckes, und die dynamischen Erscheinungen der Winde in wesentlicher Verbindung stehen und erst in ihrer gegenseitigen Ergänzung das wahre Bild des Luftkreises unter den jeweiligen Temperatureinflüssen zusammensetzen, ermächtigt uns doch eben so sehr der dort ruhige hier bewegte Eindruck der Hauptphänomene, als das methodische Herkommen zu einer Scheidung der mechanischen Ereignisse im Luftkreis, welche auch dem praktischen Bedürfniss nützlich ist.

a. Der Luftdruck.

§. 441. In physikalischem Sinne ist zwar der concrete Werth der vollen atmosphärischen Pressung am normalen Boden des Luftmeeres, dem mittleren Spiegel alles irdischen Wassers, ganz bestimmt im Druck von 1.033 Kilogramm auf ein Quadrat-Centimeter horizontaler Fläche festgestellt und in einer dadurch in luftlerer Röhre emporgehobenen Quecksilbersäule von 760 mm. (rund: 28″ P.) gemessen, aber meteorologisch existirt solch eine constante Grösse nicht, indem selbst unter anscheinend übereinstimmenden Bedingungen der Lage verschiedentliche Werthe des Barometerstandes gefunden werden, welche durch Berechnung nach der Methode des arithmetischen Mittels und in der Curven-Graphik der Isobaren zu einem ziemlich verwickelten Bild der räumlichen Luftdruckvertheilung zusammentreten. — Auf dem atlantischen Ocean wechseln die Barometer-Mittel merklich mit der geographischen Breite; man hat zwischen 0 und 10° nördl. Breite 755.4 mm., 0–10° südl. Br.: 755.9 mm., 10—20° n. Br.: 758.7 mm., 10—20° s. Br. 757.9 mm., 20—36° n. Br: 763 mm.; ferner weiter nördlich auf unsrer Halbkugel gefunden bei Palermo (38° n. B.) 763 mm., Neapel (41) 761, Paris (49) 762, London (51.5) 761. 8, Königsberg (54.5) 761.7, Edinburgh (56) 759, Christiania (60) 759.6 und auf Spitzbergen unter 75.5° nördl. Br. 758.2 mm. — Die asiatischen Küsten zeigen bei gleicher Breite niedrigere Barometerwerthe, z. B. zwischen dem 20. und 30. Grad statt wie oben 763 circa 761 mm., vermuthlich wegen grösserer Auflockerung der Atmosphäre durch die verhältnissmässig höhere Sommer-Wärme. Diese Abhängigkeit der örtlichen Luftdruck-Constanten vom Temperatur-Gang wird auch im vergleichenden Ueberblick der Südhemisphäre bestätigt, auf welcher ebensowohl eine gleichmässigere Wärme-Vertheilung, als eine kleinere Differenz der Seespiegelmedia des Barometers herrscht. — Die verbreitete Annahme, dass die maxima der Luftdruck-Constanten zwischen dem 30. (oder 20ten?) und 40.°, die minima zwischen dem 60. und 70. Breitegrad liegen, dürfte sich kaum auf allen Meridianen bestätigen. — Auf den Conflict, in welchen die mit den Erdradien variablen Unterschiede der Gravitation und die vom Aequator gegen die Pole abnehmenden Schwungkräfte der rotirenden Erde mit der die Quecksilbersäule äquilibrirenden Kraft gerathen können, sei hier bloss mit der Bemerkung hingewiesen, dass derselbe um so weniger eine meteorologische Bedeutung erreicht, als die selbst unter den günstigsten Bedingungen jenen Einflüssen zuschreibbaren Werthe noch innerhalb der den besten Beobachtungen gesteckten Fehlergrenzen verweilen.

§. 442. Viel beträchtlicher als die Unterschiede der in horizon-

taler Verbreitung verglichenen Barometerstände fallen deren Differenzen bei vertikaler Emporsteigung aus. Die Abnahme des Luftdrucks mit der Erhebung über den Meeresspiegel ist schon von Toricelli erkannt, von Pascal 1658 als eine nach Oben allmälig verzögerte angedeutet, durch Boyle bestätigt, aber erst nach besserer physikalischer Erforschung der atmosphärischen Elasticitäts-Verhältnisse 1686 durch Halley genauer untersucht worden. Unter Nichtbeachtung dreier faktischer Umstände, der Mengung der Luft aus verschiedenen Bestandtheilen, der von den Massen-Abständen bestimmten Anziehungs-Variation, und der Abhängigkeit der Luftdichte von der Wärme stellte er den Zusammenhang der Luft-Ausdehnung und des ihr entsprechenden Barometerstandes in den auf die Asymptoten bezüglichen Coordinaten einer Hyperbel dar. Nachdem die übersehenen Punkte von Dalton, Fontana, Laplace und Andren in sachdienliche Berücksichtigung gezogen waren, erledigte Bessel insbesondre auch unter Würdigung der nicht unbeträchtlichen Einflüsse des atmosphärischen Wasserdunstes die Frage in gründlichster und vollständigster, doch so überwiegend mathematischer Weise, dass hier für eine weitere Verfolgung des Thema nicht das nöthige praktische Interesse vorausgesetzt, sondern dasselbe in Hinsicht des letzteren mit der Angabe abgeschlossen werden kann, dass sowohl für die barometrische Höhenmessung, als in umgekehrter Anwendung für die Zurückführung eines örtlichen Barometerstandes auf den Meeresspiegel die Formel genügt

$$\lg B = \lg b + \frac{h}{18430\,(1 + 0.003666\,\tau)}$$

worin B, b, h bezichentlich die Barometerstände unten und oben, wie die Höhendifferenz dieser Stand-Punkte, τ aber die Mitteltemperatur zwischen Meeresfläche und Beobachtungs-Station $= \frac{1}{2}\left(t + t + \frac{h}{200}\right) = t + \frac{h}{400}$ nach der hunderttheiligen Skala bedeutet. —

Die empirische Verfolgung der zu dieser Theorie gehörigen Zahlen ist durch die Einmischung örtlicher Störungen und zumal der zeitlichen Schwankungen unendlich erschwert. In ersterer Hinsicht stellt die Ascension im Luftballon den Beobachter am unabhängigsten, in der zweiten gibt die Benützung der Frühstunden heiterer Herbsttage die dem wahren Sachverhalt nächsten Werthe. Saussure und Ramond dagegen ziehen die Mittagzeit vor, weil hier die Luft am ruhigsten und freisten von secundären Einflüssen sei; doch scheint, dass hiedurch bloss eine grössere Uebereinstimmung unter mehreren Beobachtungs-Reihen erzielt wird, die Morgenstunden aber der Berechnung das sicherste Material verschaffen; immerhin kommt hiebei

so viel auf Jahreszeit und Oertlichkeit an, dass eine allgemein giltige Regel überhaupt kaum zu geben ist, sondern das Meiste der umsichtigen Erwägung der Verhältnisse des einzelnen Falles überlassen bleibt. —

Durchschnittlich vermindert sich anfangs der Luftdruck für die Erhebung von 10 m. um 1 mm. —

α. Die Schwankungen des Luftdruckes.

§. 443. Die Veränderungen im atmosphärischen Gleichgewicht, welche an den Schwankungen der Barometersäule erkannt werden, sind deshalb schwer in ihrem wahren Verlauf und Sinn festzustellen, weil die der trocknen Luft an sich eigenthümlichen Erscheinungen nicht bloss vom Hauptbetriebsfactor, der Wärme, modificirt werden, sondern auch Complicationen durch das verschiedentliche Verhalten des untermengten Wasserdunstes erfahren. Diese secundären Phänomene in Verbindung mit localen oft wechselnden Winden verhüllen in der gemässigten Zone fast völlig den regelmässigen Gang des Luftdruckes, welcher unter den Tropen zwischen einem morgentlichen maximum und einem nachmittagigen minimum mit den sicheren Schritten eines Chronometers einhergeht. So tief ist indess die ersichtlich der Temperatur-Variation entgegengesetzt angeordnete Periodicität begründet, dass selbst bei uns die betreffende Regel hervorleuchtet, wenn die zufälligen Momente durch eine recht grosse Zahl der Aufzeichnungen unschädlich gemacht und die da und dort auftretenden Ungenauheiten der zeitlichen Wende-Punkte auf ihr Mittel zurückgeführt werden. Für das maximum allerdings bestehen sehr weite Grenzen, indem es zwischen 1 und 9 Uhr Morgens erscheint, doch gewöhnlich auf den kürzeren Zeitraum von 3 bis 6 Uhr eingeschränkt bleibt; viel bestimmter darf man das tägliche minimum in der Nähe von 2 Uhr Nachmittag erwarten, von welchem Termin es sich nicht leicht um mehr als eine Stunde vor-, oder drei Stunden rückwärts entfernt. — Die Verspätung der Barometer-Extreme ist der Länge des Sonnentagbogen proportional. Auf grösseren Höhen erscheinen dieselben etwas vorgerückt. — Viele Erfahrungen weisen darauf hin, dass mit den absoluten Extremen des Luftdruckes zwei relative intercurriren, welche fast an dieselben Stunden der andren Tageszeit gebunden sind, wonach zwei maxima gegen 10 Uhr Morgens und Abends, zwei minima zwischen 3 und 4 Uhr Tages und der Nacht verzeichnet werden.

Die jährliche Verfolgung des Luftdruckes ergibt gleichfalls ein reciprokes Verhältniss zum Wärmegang, indem durchschnittlich der kleinste Druck der trocknen Luft gegen Ende des Sommers, der stärkste in Mitte des Winters eintritt.

§. 444. Während in Europa der Werth der regulären Tagesschwankung des Luftdrucks zwischen 0.5 und 2 Millimeter sich zu bewegen pflegt, in der Regel aber erst an den Monatmitteln diese Amplitude verräth, welche an einzelnen Tagen oft kaum merklich ist, und auch die jährliche Differenz, wo sie entschieden und selbständig ausgesprochen ist, wie in Calcutta, nur 17 Millimeter beträgt, kommen unperiodische, meist plötzliche Barometerstürze vor, welche binnen wenigen Tagen, ja Stunden 40 und mehr Millimeter umspannen können. Diese beträchtlichen Schwankungen der Barometersäule sind immer die Zeichen gewaltiger Störung des atmosphärischen Gleichgewichtes, melden sich aber oft früher, als die Rückwirkung des vielleicht in weiter Ferne eingetretenen Ereignisses am Beobachtungsort in den unmittelbaren mechanischen Effecten des Windes sinnenfällig wird. Diese Empfindlichkeit eines Messungs-Instrumentes, welche ihm den Lobspruch eintrug, eine bessere Windfahne zu sein, als die Windfahne selber, würde zu noch auffälligeren Resultaten führen, wenn nicht die Spannungen des Wasserdunstes mit dem Wechsel der verschieden temperirten Windströmungen in entgegengesetztem Sinne verliefen, als die von letzteren direct abhängigen Auflockerungen und Verdichtungen der Luft. So überwiegend sind jedoch diese und verhältnissmässig geringfügig jene die Periodicität der Atmosphären-Pressung überhaupt wenig alterirenden Vorgänge, dass die barometrischen Folgen der Winddrehung stets und überall in unzweideutigem, mit dem unten besonders behandelten Witterungs-Charakter zusammenhängendem, Sinne sich kund geben, auch zu ihrer Erklärung nichts weiter, als das besagte mechanische Princip nöthig ist, und namentlich nicht auf grosse atmosphärische Wellenzüge zurückgekommen zu werden braucht, welche von irgend einem geheimnissvollen Anlass erregt und unterhalten über die Erde die wechselnden Schicksale des Wetters tragen sollen. In der That dürfte man nach tellurischen Ursachen solcher hypothetischer Undulationen des Luftmeeres vergeblich sich umsehen, und von kosmischen höchstens die in den Gezeiten der See bekannten Anziehungsdifferenzen von Mond und Sonne auf das Ganze und die Oberfläche der Erde in ernsthaften Betracht ziehen. Daniel Bernoulli hat diese Consequenz der Newton'schen Gravitationslehre zuerst auf die Variationen des Luftdruckes angewandt, aber wie schon d'Alembert 1747 nachwies, mit viel zu hoher Veranschlagung des an sich vorhandenen Einflusses. Auch der von Letzterem wie mehreren Andren angenommene Werth von 3 — $\frac{13}{432}'''$ P. war zu hoch, indem Laplace, die unmittelbare Anziehung von Sonne und Mond auf Erdcentrum und Atmosphäre, die von Unten her wirksame periodische Senkung und Erhebung des Meeresspiegel und die

von den Formveränderungen abhängigen Attractions-Verhältnisse gleicher Massen berücksichtigend, die für Paris um 3 h 15 min. des Nachmittages der Syzygien statthabende Maximal-Mondflut der Atmosphäre zu 0.055 . . . mm. bestimmte, fast genau ebenso hoch aber die Wahrscheinlichkeits-Grenzen für die daher rein illusorische Bemerkbarkeit der Veränderung. Weil die in letzterer Hinsicht einflussreichsten unperiodischen Schwankungen des Luftdruckes in den Tropen zurücktreten, vermuthet Bouvard, dass hier der fragliche Einfluss constatirbar sein möchte, jedenfalls aber ebenso gut wie in der gemässigten Zone von so verschwindender meteorologischer Bedeutung ist, dass an diesem Orte selbst die Erwähnung hätte unterbleiben können, wenn nicht einerseits schon der Versuch gemacht worden wäre, im Gebiete der Blut-Circulation eine lunare Ebbe und Flut als Ursache eigenthümlicher organischer Erscheinungen zu statuiren, deren ungreifbare Begründung durch Hervorhebung der sogar an der unermesslichen Atmosphäre verschwindenden Resultate ins rechte Licht gesetzt wird, anderseits die durch Eisenlohr und Flaugergues gesicherte Thatsache, dass innerhalb eines synodischen Monates der Luftdruck zwischen einem mit dem letzten Mondviertel zusammenfallenden maximum und einem dem zweiten Octanten entsprechenden minimum um 1.38—1.44 mm. variire, noch immer zuweilen mit einem, in Wirklichkeit von der Winddrehung veranlassten Wetterwechsel in Verbindung gebracht würde, den die Volksstimme überhaupt so gern von unsrem Trabanten herleitet. Selbst die Wissenschaft suchte den Ruf seines tellurischen Einflusses zu retten, indem eine Wolken zerstreuende, also heitere Nächte, hiemit Temperatur-Modificationen, secundär wohl auch Luftdruck-Aenderungen hervorrufende Kraft für möglich erachtet und auf die vom Monde aus- oder rückgestrahlte Wärme bezogen wurde, von welcher Tyndall 1861 an Herschel schreibt, dass sie gänzlich in der Atmosphäre absorbirt und theilweise verwendet werde, die niedergeschlagenen (Wasser-) Theilchen zu verflüchtigen und die Durchsichtigkeit der Luft gegen den Mond hin zu erhöhen. — Höchst beachtenswerth ist endlich Richter's Hinweis auf einen indirecten Zusammenhang der lunaren Gezeiten mit meteorischen Vorgängen, insofern durch erstere abwechselnd weite Landstriche unter Wasser gesetzt und trocken gelegt werden, deren hiemit modificirte Verdunstungs-Acte die Spannung des Wassergases in der Luft, ihre relative Feuchtigkeit, Wolkenbildung und Niederschläge zu beeinflussen vermöchten. —

β. Barometer-Stand und Witterung.

§. 445. Der populäre Ruf des Barometers ist deshalb so oft gefährdet, weil Dinge von ihm verlangt werden, welche nicht in seinem

Wesen begründet sind, doch aber demselben nah genug liegen, um selbst im ernstesten wissenschaftlichen Sinne nach einer Beziehung fragen zu dürfen, deren Auffassung nur dann tadelnswerth wird, wenn zu weit gehende prophetische Gaben abgeleitet werden.

Wenn nicht die erste, doch sicher eine der ältesten Meinungen äusserte nach dieser Richtung Otto von Guerike 1672, indem er von der Luft behauptete, dass sie bei fallendem Regen leichter werde. Geht muthmasslich die noch heute verbreitete Ansicht, dass das Sinken des Quecksilbers trübes regnerisches Wetter verkünde, bis auf diese Autorität zurück, so fehlte es doch schon frühzeitig nicht an Warnungen gegen eine bedingungslose Vertrauenswürdigkeit des Zeichens, denn van Swinden sah 1778 bei der Hälfte der Regenfälle das Barometer sinken, bei der andren Hälfte steigen, Poleni in Padua bringt aus zwölfjährigen Beobachtungen nur 64.5 prc. aller Regenfälle mit abnehmendem Luftdruck in Zusammenhang, und Saussure bezeichnet 1784 ganz positiv die Wetter-Prophetie des fallenden Barometers als unsicher. Indess wird bei voller Anerkennung dieser vorsichtigen Aeusserung bemerkt werden dürfen, dass die Wahrscheinlichkeit einer unmittelbaren zeitlichen Coincidenz tiefen Barometerstandes mit Regen unter allen Umständen nicht besonders gross zu sein braucht, um zur barometrischen Begründung schlechten Wetters zu berechtigen; es kommt vielmehr darauf an, die vorbereitende Periode und die Meteoration der Umgebung ins Auge zu fassen. Namhaftes Sinken des Barometers ohne gleichzeitigen Regen ist jeder Zeit und allerwärts constatirbar, und von mir selbst seit 20 Jahren in Nürnberg, Würzburg und Bamberg mindestens 90mal aufgezeichnet, während umgekehrt der Regen von wieder emporgehendem Luftdruck in ungefähr 50 Fällen begleitet war. Aber es ist nicht zu vergessen, dass beide Phänomene recht wohl von einer gemeinsamen Ursache herrühren, also in mehr als zufälliger Verbindung stehen können, und doch nicht gleichzeitig am nämlichen Orte auftreten müssen. In der Regel aber bleiben sie dann demselben in zeitlicher Succession nicht erspart, indem etwa der den Druck mässigende Südwest irgendwo zu trockne Luft vorfindet, um nicht längere Zeit zur Herstellung der, Niederschlag ermöglichenden, Feuchtigkeit zu brauchen. Umgekehrt kann kalter, an sich trockner Nordost schon wieder das Quecksilber emportreiben und zugleich wegen Temperatur-Erniedrigung die Capacität der Luft für das aus einer vorausgegangenen Periode grösserer Wärme und kleinerer Pressung vorräthige Wassergas bis zur flüssigen Ausscheidung vermindern, welche daher zwar mit steigendem Luftdruck zusammenfällt, aber bei sinkendem vorbereitet ward. — Dazu kommen noch diejenigen mit grösseren Barometerschwankungen in gar keiner Verbindung stehenden Regen, welche der aufsteigende Luftstrom veranlasst, indem er von der

feuchten Erde Wasserdünste in Höhen trägt, wo sie durch Kälte verdichtet werden müssen.

§. 446. Wenn nach Vorstehendem an eine nothwendige Verbindung hohen und tiefen Barometerstandes mit schönem und schlechtem Wetter nicht zu denken ist, folgt doch aus allen einschlägigen Aufzeichnungen, welche in systematischer Vergleichungs-Methode 1818 v. Buch in Berlin begann und Dove zur Erzielung eines Gesammt-Resultates berechnete, dass durchschnittlich am häufigsten bei niedrem, am seltensten bei beträchtlichem Luftdruck es regnet, oder auf die eben die irregulären Variationen des letzteren bewerkstelligenden Winde bezogen, dass die südwestlichen dem schlechten, die nordöstlichen dem heitren Wetter günstig sind. Diese Strömungen von äquatorialer und polarer Abstammung, anfänglich über-, dann neben-einander fliessend, drängen namentlich in der gemässigten Zone häufig unter Vermengung verschieden warmer, gespannter und feuchter Luft in abgeleitete Windrichtungen sich zusammen, welche als Träger der in der Hauptsache von den Niederschlägen des Ueberganges oder der Winddrehung gebildeten Wetter-Erscheinungen imponiren. Aufs Barometer ist aber ausser diesen vom Anemoskop meist in den tieferen Schichten der Atmosphäre angezeigten Strömen auch die oft ganz anders bewegte höhere Luft von Einfluss, so dass die Beziehung seines Standes zu Wind und Wetter eine ziemlich complicirte ist und nur bei gleichzeitiger Würdigung aller einschlägigen Momente richtig gestellt werden kann. Wo in dieser Hinsicht in genügendem Masse Ueberblick und Einsicht gewährt sind, findet es Dove „überraschend, wie klar selbst aus wenigen Beobachtungen der Zusammenhang der Barometerveränderungen mit den Hygrometeoren hervortritt. Das Barometer fällt nämlich bei Regen mit Ostwinden, steigt während des Regens mit Westwinden.“ —

Eine Ansicht vom, in der Regel correspondirenden, Stande und Gange der einzelnen Faktoren der Witterung gibt die Wetterrose der Fig. 27.

γ. Beziehung des Luftdruck's zu Krankheit und Tod.

§. 447. Obschon von den meisten, vielleicht allen Klimatologen die hygienische Bedeutung der atmosphärilen Gleichgewichtschwankungen erst in die dritte oder gar vierte Linie versetzt, und der Wärme, der Feuchtigkeit, selbst dem Ozon ein grösserer Einfluss auf die Gesundheit zugeschrieben wird, kann doch wenigstens indirect mittels modificirter Verdunstungs-Processe und Gas-Diffusionen ein grösserer Unterschied der atmosphärischen Pressung

Fig. 27.

in Erscheinungen des Pflanzen- und Thier-Lebens sich spiegeln, welche freilich grossentheils besser von andren gleichzeitigen Einwirkungen des Stand- oder Wohnortes hergeleitet werden dürften.

Allerdings erfährt der menschliche Körper bei einer Barometerschwankung von 25 mm. eine Druckveränderung an seiner Oberfläche, welche auf 1200 Pfd. veranschlagt werden kann, aber einmal ist der von allen Seiten gleichmässig wirkende Luftdruck trotz seines absolut hohen Werthes erfahrungsgemäs überhaupt so gut wie unmerkbar oder doch bloss bei besondren seiner überwiegend einseitigen Action günstigen Veranstaltungen folgenreich, und dann tragen sich bedeutendere Abfälle des Barometerstandes in kurzer Zeit höchst selten zu, während die langsamen allmäligen Uebergänge desselben auch bei weitem Abstand der Extreme gut vom Organismus vertragen werden. Wenn demungeachtet Zillner die jährlichen Schwankungen des Luftdruckes in der Vertheilung der gastrischen Krankheiten wiederfindet, Berger eine auffällige Häufung plötzlicher Todesfälle bei raschem und starkem Wechsel der Barometerstände sah, Irving de Lisle heftigen, besonders die Stirn ergreifenden Kopfschmerz nervöser Individuen bei namhaft fallender Quecksilbersäule beobachtete, Crallan bei 207 unter 212 eklatanten Epilepsie-Anfällen den Ausbruch gelegentlich bedeutender Aenderung im Luftdruck, ferner 126 acute Ausartungen psychischer Störungen bei grellem Witterungswechsel constatirte, Finlayson's Classificirung der Tagesstunden häufigster Mortalität vielleicht an den Gang der täglichen Barometerkurve angeknüpft werden könnte, Schultz die physiologische Bedeutung des Luftdruckes für die Respiration in dessen gerades Verhältniss zur

eingenommenen Sauerstoff-Menge und die verkehrte Proportion zur Dampfcondensation innerhalb der Athmungsluft verlegt, überhaupt aber vom Urtheil des Volkes unbestimmte Gefühle oder Stimmungen reizbarer Subjekte, sowie vom Aerzte unerwartet auftretende oder geänderte Züge in einem Krankheitsbilde so oft und gern auf die Barometer-Schwankungen und die ihnen entsprechenden Witterungszustände bezogen werden, dass Bert zu einer besondren Untersuchung des Einflusses der Barometerdruckschwankungen auf die Erscheinungen des organischen Lebens sich veranlasst sah, (nach denen bei rascher Luftdruckverminderung um 15—18 cm. Warmblüter unter Krämpfen, Blutung und Schäumen starben, langsame selbst beträchtliche Modificationen aber gut vertrugen, und in bis auf 9 Atmosphären vermehrtem Luftdruck nach erschwerter Athmung asphyktisch durch Sauerstoff-Intoxikation zu Grund gingen) so ist nicht zu vergessen, dass eine reine Ausscheidung der unmittelbaren Wirkungen des Luftdruckes aus den stets gleichzeitig, vielleicht mit grösserem Erfolg, mitagirenden Begleitphänomenen meistens unmöglich ist, demnach eine zweifellose Verantwortlichkeit desselben nur in Anspruch genommen werden darf, wo die mechanische Form des betreffenden Ereignisses es direct an quantitative Differenzen des Pressungseffectes bindet, wie etwa, wenn vom plötzlichen Nachlass des Luftdruckes eine zu Embolie führende stürmische Gasentbindung im Blute abgeleitet, oder Vermehrung der Lymphresorption unter Abnahme des arteriellen Blutdruckes mit steigendem Barometer in Zusammenhang gebracht wird.

§. 448. In speciell pathologischem Sinne zählt Barker als Krankheiten des hohen Luftdruckes auf: Masern, Scharlach, Durchfall, Ruhr, Influenza, Typhus, Erysipelas, Katarrh, als solche des niedren Barometerstandes: Blattern und Wechselfieber. — Ob in schon bestehenden Krankheiten Verschlimmerungen oder Besserungen mit den Veränderungen des Luftdruckes correspondiren, ist kaum zu entscheiden, weil in der Privat-Praxis gar nicht, in Spitälern selten und unvollständig vergleichende Beobachtungen gemacht und fixirt werden, die allerdings der populären Erfahrung geläufigen Fälle aber, in denen selbst eine prophetische Gabe kranker oder mit schwächerer Widerstandskraft ausgestatteter Organe für den kommenden Wetterumschlag aufleuchtet, so unbestimmt formulirt zu werden pflegen, wie die betreffenden dumpfen Empfindungen oder ahnungsvollen Regungen selber erscheinen. Immerhin möchten diese Vorgefühle reizbarer Theile, welche beim Menschen nur pathologisch entwickelt vielen Thieren in weit vollkommnerer normaler Weise gewährt sind, mit den gewöhnlich zuerst auf einen bevorstehenden meteorischen Wechsel vorbereitenden Veränderungen des Luftdruckes in näch-

stem Bezuge stehen, und einen Zusammenhang desselben mit der Mechanik der nervösen Spannungen und Schwingungen verrathen. Wie derselbe auch begründet und in seinen Modificationen zu secundären Folgen befähigt sein mag, jedenfalls ist sein Wirkungskreis ein eng begrenzter und die an ihn anknüpfende Consequenz keineswegs eine unfehlbare, denn einerseits sind auf diesem Wege tiefere Störungen nur möglich, wenn entweder eine unmässige, der localen Meteoration stets ersparte Amplitude der Schwankung, oder ein rapider Uebergang höchst differenter Pressungswerthe oder eine auch andren, geringfügigsten, Einflüssen nicht gewachsene Schwäche vorausgesetzt wird, anderseits aber erscheint der als fast untrüglich gerühmte thierische Instinct auf längere Zeit hinaus vor Täuschung durchaus nicht gesichert, denn winterliche Rückfälle bereiten in vielen Jahren zu früh dem Norden zugewanderten Vögeln Nahrungssorge und Untergang. Steht hier die Temperatur in erster Linie, so verhält sich die Sache dem Luftdruck gegenüber kaum anders.

Hinsichtlich der Todesfälle ist es nicht schwer, eine grosse Anzahl derselben zu sammeln, welche in den Zeiten der barometrischen Minima, namentlich der in den frühesten, noch nächtlichen, Morgenstunden liegenden, eintreten; wenn aber auch der gewonnene Werth an diesem oder jenem Ort einen so grossen Bruchtheil in der temporären Charakteristik der Mortalität bildet, dass man daraus eine vorwaltende Bedrohung Schwerkranker bei niedrem Luftdruck erschliessen möchte, so genügt doch der Blick auf andre Gegenden, um den Tod eine fast ebenso reiche Aerndte bei heiterstem Wetter und höchstem Barometerstande halten zu sehen. — Statistisch lässt sich in keiner einzigen Krankheit ein sicherer Zusammenhang zwischen den meisten Sterbefällen und einer bestimmten Phase des Luftdrucks aufzeigen. An Phthisis starben nach den, in §. 410 erwähnten Angaben Oesterlen's binnen 84 Monaten mit anomal erhöhtem Luftdruck in 36 mehr, in 48 weniger Leute, als der Durchschnitts-Mortalität an dieser Krankheit entspricht, während unter 24 Monaten mit tiefem Barometerstand 14 mehr, 10 weniger Todesfälle als im Mittel hatten; für Typhoid sind unter 82 Monaten mit positiver Luftdruck-Anomalie vermehrte und verminderte Todesfälle fast gleich vertheilt, unter 24 Monaten mit negativer Abweichung doppelt so viele Zeitabschnitte mit herabgesetzter als mit höherer Mortalität ausgestattet, während in einer Periode mit der grossen Barometerschwankung von 30—32 mm. 54 Kranke starben gegen durchschnittlich in gleichlangen normal meteorisirten Zeiträumen aufgezeichnete 74 Sterbefälle. Bei Entzündungskrankheiten beträgt in 79 Monaten mit vermehrtem Luftdruck der Unterschied der nicht erreichten und überstiegenen Durchschnitts-Mortalität 11 zu Gunsten der ersteren, für 23 Monate mit vermindertem: 3 in demselben Sinne,

auf die Zahl der Monate bezogen; der Frühling 1834 mit Maximaldifferenzen des Barometerstandes hatte 199, ein andrer mit Minimalvariationen dagegen 249 Todesfälle. Endlich stehen 25221 Sterbfällen in 40 Monaten mit relativ zu hohem Barometerstand 25021 gegenüber in gleich langer Frist mit negativer Luftdruckanomalie; 13 Monate aber mit 763 mm. erreichenden Maximalhebungen der Quecksilbersäule hatten 8400, und ebensoviele mit bis 754 mm. gehenden Minimalsenkungen 8073 Todte. — Sind auch diese Zusammenstellungen qualitativ wie quantitativ unzureichend, um entweder ein bestimmtes Gesetz über den Zusammenhang zwischen *Luftdruck* und *Mortalität* aufzufinden, oder die Existenz, ja Möglichkeit eines solchen entschieden in Abrede zu stellen, so gewähren sie doch der zweiten Eventualität einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, von welcher ich nicht bezweifle, dass sie durch fortgesetzte Erfahrungen und eine geläuterte Theorie zur Gewissheit erhoben wird, ohne dass jegliche Beziehung der atmosphärischen Pressung zu den organischen Ereignissen geläugnet wäre. Dieselbe ist eben nur unter gewöhnlichen Umständen nicht von so plötzlichen Effecten, wie sie für die überwiegende Coincidenz der Todesfälle mit bestimmten Barometerphasen angenommen werden müsste, sondern allmälig und leise wirksam. Hiebei dürfte nicht sowohl der absolute Werth der Extreme als der Gang der Schwankungen im pathologischen Verlauf möglicher Weise zu so verhängnissvollem Ausdruck gelangen, dass der Tod zwar nicht direct an ein gewisses Stadium der Luftdruckskurve gebunden ist, aber während eigenthümlicher Variationsformen derselben vorbereitet wurde. Auch dies setzt eine bedeutende Empfindlichkeit des Organismus gegen Einflüsse voraus, deren sonst merkwürdig weit gehende Ertragungsfähigkeit darin begründet ist, dass die interne Mechanik der mit den edelsten Lebenskeimen ausgestatteten Theile durch geeignete Vertheilung fester Massen in Flüssigkeiten und Gewährung harter Hüllen und Stützen einerseits einen hohen Grad von Selbständigkeit besitzt, anderseits eine höchst gewandte Accommodations- und automatisch ausgelöste Ausgleichungsfähigkeit veränderter äusserlicher Ansprüche. Thiere scheinen darin noch mehr leisten zu können, als der Mensch, denn abgesehen von den ungeheuren Pressungs-Differenzen, denen der im Meere sinkende und steigende Fisch sich aussetzt, wird erzählt, dass Pferde und Hunde auf den mexikanischen Hochebenen früher und leichter an den verminderten Luftdruck sich gewöhnt hätten, als die Soldaten der französischen Expedition, und vom Condor weiss man, dass er raschen Fluges oft in kurzer Zeit Regionen mit einem Luftdruck von 760 und 324 mm. besucht. —

Schliesslich soll an eine *indirecte pathologische Bedeutung des Luftdruckes* erinnert werden, indem *Vogt* in Bern keine

wirksamere Ursache kennt, infectionsfähige namentlich Typhusepidemien hervorrufende Bodengase aus den, vom Grundwasser verlassenen Poren treten zu lassen, als eine plötzliche und namhafte Abnahme der auf der Erdoberfläche ruhenden Atmosphärenpressung. Selbst Explosionsartig soll deren Verminderung Epidemien wenn nicht erzeugen, doch steigern, deren Verschlimmerung im Allgemeinen um so merklicher ist, je tiefer das Barometer sinkt und je reichlicher das zurückgegangene Grundwasser eine Ansammlung von Zersetzungsgasen im Erdreich gestattet. — Hier mag Scott's und Galloway's, in Bergwerk-Districten gemachter Beobachtung gedacht werden, das beim Fallen des längere Zeit constant gewesenen Barometer um 13—27 mm. ungewöhnliche Entwicklung von Grubengas in Aussicht steht. —

b. Die Winde.

§. 449. Das thatsächlich wichtigere oder vielmehr fundamentalere meteorische Wirken der Wärme und des Luftdruckes tritt für die unmittelbare Anschauung und die von ihr geleitete Beurtheilung des Wetters weit zurück gegen die mit letzterem an sich wie hinsichtlich der hygroskopischen Folgen in so sichtlichem Zusammenhang stehenden Winde, dass die vollkommene Kenntniss dieser allgemein als die Bedingung einer gründlichen, selbst prophetischen Witterungskunde betrachtet, zugleich aber Angesichts der verwirrten Verhältnisse der gemässigten Zone für zu schwierig gehalten wird, um die anscheinende Launenhaftigkeit der flüchtigen Erscheinung nicht der wissenschaftlichen Berechnung sprüchwörtlich spotten zu lassen. Dies ist aber nur so lang der Fall, als der Blick an die Ereignisse eines engen Kreises gefesselt, und von den im Ablauf einer kurzen Periode gehäuften Widersprüchen verplüfft wird; bei weiterer Umschau und Ableitung von Mittelwerthen aus langer Zeit erscheint dagegen das allerdings schwer zu packende und beherrschende Material so durchleuchtet und geordnet, dass die kühne Frage, von wannen der Wind kommt und wohin er geht, nicht immer und überall mehr vergeblich der Antwort harrt.

α. Die grossen regelmässigen Luftströmungen.

§. 450. Das Hauptwindsystem der Erde ist Folge der Temperatur-Differenzen und der Achsendrehung. — Vom heissesten Gürtel der Erdoberfläche, nah dem Aequator, doch weder in der Mittellinie mit ihm zusammenfallend, noch in den, nach der Jahreszeit zwischen 3°—14° nördlicher und 2° nördl. — 5° südlicher Breite liegenden Grenzen ihm parallel, steigt beständig erhitzte Luft

in die Höhe und lässt in den unteren Regionen eine Lücke von der mächtigsten Saugwirkung. Ihr folgend fliesst die kältere Luft von den Polen her gegen den Aequator, gelangt hiebei von Parallelkreisen mit kleinerer Rotationsgeschwindigkeit stammend an feste Punkte, welche unter ihr immer schneller vorübereilen, und combinirt die als Stoss von Ost her fühlbare Folge des Zurückbleibens auf unsrer Hemisphäre mit der nördlichen Richtung zum NE Passat, der in der andren Erdhälfte durch einen SE ergänzt wird. Das unbestrittene Herrschaftsgebiet dieser regelmässigen Winde liegt vornehmlich über der See, während auf den grossen Continenten eigenthümliche Erwärmungsverhältnisse wie die Bodenconfiguration Intensität und Richtung des Stromes stört oder doch seine mit den Jahreszeiten variablen Grenzen weiter als dort verschiebt. Auf dem atlantischen Ocean zieht sich nach Horsburgh die nördliche Grenze des NE Passat von der Winterlinie 24° 14′ bis zur Sommerbreite 29° 51′ hinauf, die südliche von 5°45° bis 11° 20′; die winterlichen Grenzen des SE Passat liegen bei 2° 30′ nördl. und 30° südl. Breite, die sommerlichen bei 3° 15′ n. und 27° n. Auf dem Lande folgt im Allgemeinen die äussere Passatgrenze der Isotherme von 23—25° C.

Die aufgestiegene Luft der durch grosse Ruhe in horizontaler Richtung, aber durch tägliche local entstandene Stürme ausgezeichneten Calmen fliesst oben ab, gelangt allmälig über Parallelkreise mit geringerer Drehungsschnelligkeit, eilt hier also voran und erscheint in combinatorischer Weise bei uns als SW, jenseit des Aequators als NW Passat. Diese Oberströmung erhält sich rein ungefähr innerhalb derselben Grenzen, wie der untere Passat, ist aber natürlich weniger leicht nachweisbar, direct bloss auf Inselbergen der warmen Zone, welche, wie der 12204′ hohe Mouna Kea auf Hawai oder der Pik von Teneriffa (10500′), mit dem Fuss von den tieferen Luftzügen umspielt werden, mit den Gipfeln in den höchsten Windstrich ragen; indirect dagegen oft mittels der an die hundert Meilen weit fortgeführten Asche östlich von den mittelamerikanischen Fundorten gelegener Vulkane, und im Zuge der zartesten Federwölkchen.

β. Die örtlichen Windwechsel.

§. 451. Dem Schauplatz und Wirkungskreis nach grossartig entwickelt und weit verbreitet, doch aber nicht wie die Passate den allgemeinsten tellurischen Verhältnissen, sondern localen Eigenthümlichkeiten gehorsam, also in dem jenen entstammenden Charakter modificirt erscheinen die Monsune des indischen Continentes und Oceanes. Ersterer wird im Sommer unsrer Hemisphäre so intensiv bestrahlt, dass unter weithin nördlicher Verschiebung des Wärme-Aequators der SE Passat der Südhalbkugel herübergezogen wird und

wegen mitwirkender Achsendrehung in den langsamer rotirenden Breitegraden eine südwestliche Richtung empfängt. Diese bleibt von April bis Oktober herrschend, wird aber jetzt für die andre Hälfte des Jahres abgelöst vom normalen NE, der aus dem inneren Asien um so kräftiger herab und ins Meer hinaus bläst, als unter der winterlichen Ausstrahlung letzteres viel geringer und langsamer seine Wärme verliert, als das Festland, demnach auf die Luft desselben einen thermisch ansaugenden Einfluss übt. — Das Monsungebiet geht von 10° südlicher Breite bis in den Norden von China und erstreckt sich neben dem continentalen Asien über Sunda-Inseln, Philippinen, Madagascar und den nordöstlichen Theil von Australien.

§. 452. Die jährliche Verrückung der Maximaltemperaturzone und der Unterschied der Strahlungsverhältnisse von Land und Meer gibt sich auch zu erkennen in den nach der sommerlichen Sonnenwende das Mittelmeerbeken überfegenden Nordwinden, welche von den Hellenen als Etesien (ἔτος Jahr) bezeichnet wurden, deren soweit im Norden noch erkenntlicher Passatcharakter vornehmlich der hohen Erwärmung der Sahara verdankt wird. Im Sommer heftig aspiratorisch wirksam stattet sie nicht bloss das Mittelmeer mit den nördlichen Etesien aus, sondern erstreckt ihren Einfluss auch nach Europa hinein, unter Anderm den scharfen nordwestlichen Mistrau der Provence hervorrufend; im Winter dagegen sendet die erkaltende Wüste südliche Winde über die verhältnissmässig wärmer gebliebenen mediterranen Fluthen und Gestade. — Einen ähnlichen Wechsel der Winter- und Sommer-Winde constatirte aus den Beobachtungen der mit 1847 in Georgien begründeten meteorologischen Stationen Abich an den Küsten des kaspischen und schwarzen Meeres, indem Lenkoran und Redut im Winter beziehentlich NW und SE, im Sommer umgekehrt SE und NW als entschieden vorherrschende Windrichtung besitzt. Der zweite Ort an der Ostküste des schwarzen Meeres gelegen „geniesst den grossen Vorzug, wenigstens im Winter eine trockne und gesunde Luft zu haben. In dem Maasse aber als die Sommerwärme zurückkehrt und die Ebene von Colchis sich stärker erhitzt, als das Meer, beginnen die westlichen Winde wiederum die Landwinde zu verdrängen und die Luft gelangt bald auf das maximum ihrer Feuchtigkeit. Die Zunahme und die Stärke der verderblichen Fieber fällt in diese Zeit.“ — Pathologische Probleme und landwirthschaftliche Fragen, besonders hinsichtlich des Weinbaus, hofft dieser Forscher durch die Untersuchung der Beziehungen zwischen den hygrometrischen, von constanten Windrichtungen bedingten Zuständen der Atmosphäre und den jahreszeitlichen Epochen namhaft gefördert zu sehen. — Die von Kaemtz aus Berliner, Hamburger, Prager und Pariser Aufzeichnungen gemachte Ableitung, dass im Frühling, an

manchen Orten im März, an andren im April sich häufig Ostwinde erheben, welche die Stärke der westlichen Luftströmung sehr vermindern und sie unter den jährlichen Durchschnitt herabdrücken, deutet darauf hin, dass um diese Zeit, stellenweise auch im Herbst, Mitteleuropa unter thermischen Einflüssen der Umgebung steht, welche kräftiger den NE Passat ansaugen, als den SW zuströmen lassen.

§. 453. Während bis dahin die jährliche Periodicität des Wärmeganges einen entscheidenden Factor des Windwechsels bildete, kommt die Tagesvariation an den Küsten grösserer Gewässer zu einer Geltung, welche schon im Interesse des Seeklimas ausführlich genug besprochen wurde, um hier nur kurz berührt werden zu müssen. Am deutlichsten ist der regelmässige Wechsel der Land und See-Winde in der warmen Zone. In Dampier's Traité des vents vom Jahre 1701 werden sie trefflich geschildert und so sicher hingestellt, dass man sich auf ihren Wechsel verlassen könne, wie auf denjenigen von Tag und Nacht, dessen Gang sie im Anschluss an die mehrmal erwähnten Temperaturverhältnisse theilen, modificirt jedoch nach Richtung und Stärke durch die Gestaltung der Küsten und tiefere meteorische Eigenthümlichkeiten der Gegend; so überwiegen unter dem Einfluss der Passate an den östlichen Inselgestaden die Seewinde, an den westlichen die Landwinde, wonach der aus hygienischen Gründen gewählte Aufenthalt an ersteren im Allgemeinen empfehlenswerther erscheint. — In mittleren Breiten ist der in Rede stehende Windwechsel constatirt durch Seignette 1782 bei Marseille, Brandes 1820 an den Küsten Italiens, Sieber 1823 auf Kreta, v. Buch 1825 auf Teneriffa, Falbe 1824—27 bei Tunis. Noch höher im Norden wird die Erscheinung schwach und unrein, doch aber mindestens daran erkenntlich, dass unter Tags der vom Meere her wehende Wind schärfer senkrecht gegen die Strandlinie einfällt, als bei Nacht, was schon Scoresby an Grönlands Ostküste, und 1857 wieder Wesselowski bei Petersburg fand. — Auch grosse Landseen haben ihr locales Windsystem, wie Schübler am Bodensee, Haller an einigen Schweizerseen, Martens am Gardasee nachwies, während der klimatische Einfluss der ungeheuren nordamerikanischen Binnengewässer meilenweit ins Land geht; unter ihnen untersuchte am aufmerksamsten Ellicott den Eriesee: „die Winde, die man hier am meisten verspürt, gleichen den sanften westindischen Land- und See-Winden. Vom Ausgang des Frühlings bis in den Anfang des Herbstes wehen sie den grössten Theil des Tages, wenn kein Sturm eintritt, von dem See nach dem Lande hin, während der Nacht dagegen vom Lande nach dem See. Dieser Wechsel tritt gewöhnlich des Morgens zwischen 7 und 10 Uhr und des Abends gegen Untergang der Sonne ein. Diese abwechselnden sanften Winde von entgegengesetzter Richtung machen den Aufenthalt in dieser an dem

See liegenden Gegend in den heissen Sommer Monaten ausserordentlich angenehm und haben wahrscheinlich auch einen sehr heilsamen Einfluss auf die Atmosphäre.“ (1799)

Auf die im §. 412 besprochene Analogie der Berg- und Thalwinde mit dem an den Küsten entwickelten System wechselnder Luftströme soll hier nur noch einmal mit der Bemerkung hingewiesen werden, dass ein wesentlicher Unterschied der äusserlich allerdings ähnlichen Erscheinungen in ihrer Entstehungsgeschichte begründet ist, indem an den Continentalgrenzen der Meere die Ablenkung der Passate oder ihrer Analoga, im Gebirg die Modification des aufsteigenden Luftstromes eine massgebende Rolle spielt.

γ. Das Drehungs-Gesetz.

§. 454. Die geringere, ja auf den ersten Anblick fast ganz fehlende Regelmässigkeit des Windsystemes der gemässigten Zone kommt abgesehen von den Einflüssen der Bodengestaltung grössten Theils auf Rechnung der auf ihrer langen Reise den Passaten aufgedrungenen Aenderung physikalischer Eigenschaften. Zumal der südwestliche Oberstrom verliert allmälig seine höhere Temperatur und hiemit die geringere Schwere, sinkt also in tiefere Regionen, und fliesst, wenn auch häufig noch in unsren Breiten relativ hoch oben am Wolkenzug erkenntlich, doch mehr neben als über dem NE Passat, mit welchem er sich in die zeitweise meteorische Beherrschung der überwehten Regionen theilt. In der That hängt das Schicksal des localen und zeitlichen Wetters vornehmlich vom Kampfgewoge jener Hauptwinde ab, das oft in den höchsten Schichten der Luft begonnen allmälig auch ihre tieferen Lagen ergreift und dieselben unter zahllosen Uebergängen, Rückfällen und Vorsprüngen der zuweilen von wunderbaren Pausen einer fast unbegreiflichen Stille unterbrochenen Ströme so durchschüttert, dass darin Wärme und Feuchtigkeit die kurzen oder andauernden Aenderungen erleiden, welche das gute und schlechte Wetter begründen. — Im Allgemeinen beansprucht der trotz seiner desfallsigen Verluste immer noch warme und lockere SW ein breiteres Strombett, als der kalte dichte NE, wonach unter Hinzunahme der bekannten geographischen Situation mit ihren consecutiven thermischen Strahlungsdifferenzen das Vorwalten südwestlicher Winde auf den grossen Continenten der Nordhemisphäre begreiflich wird. Der zur mechanischen Aequivalenz unerlässige NEstrom fehlt zu keiner Zeit und wird sicher wenn auch mit verschmälerter Bahn über dem Meere oder einem gegebenen Falles mit dem der SWströmung überlassenen Gebiet entgegengesetzt meteorisirten Landstrich von der

jetzt in grossartigem Stile angelegten vergleichenden Witterungskunde aufgefunden.

§. 455. So vielfältig am nämlichen Ort der das Wetter entscheidende Kampf der Winde hin und her schwankt und so mannigfach die Störungen sind, welche ablenkende oder stauende, oft auch unter den Wasserfall ähnlich herabstürzenden Luftwellen einen ruhigen Windschatten erzeugende Gebirge, im kleineren Massstab selbst Haufen und Reihen von Gebäuden, ferner durch Aspiration wie Erschütterung der Atmosphäre wirksame mächtige Flussläufe, endlich die Massencomplexe höherer Vegetation hervorrufen, zeigt doch die Zusammenfassung grösserer Zeiträume die Ordnung, in welcher sich die Winde ablösen, so klar und wohl gesichert, dass ihr Ausdruck im Doveschen Winddrehungsgesetz selbst durch die freilich gar nicht seltenen, im Januar 1875 allein in Form von Rückfällen aus N gegen W von mir dreimal beobachteten Abweichungen der Hauptsache nach Bestätigung findet. —

Der gewöhnliche Gang ist folgender: Längere Zeit herrschendes heiteres, im Winter kaltes, im Sommer heisses Wetter mit hohem Luftdruck und ausgesprochenem, wenn gleich vielleicht nur schwachem NE lässt auf eine Bedrohung des letzteren in seiner Herrschaft schliessen, wenn feine Wölkchen in den obersten Regionen der Atmosphäre südwestlich heraufkommen, in einer Richtung, welche zunächst die Windfahne nicht berührt, während das wenig sinkende Barometer auf eine in Aussicht stehende Auflockerung der Luft vorbereitet. Sinkt der SW, so wird er entweder vom mächtigeren über weiten Strecken und in grossen Massen verfügbaren NE zurückgedrängt und der gehoffte Wetterumschlag wie die weitere Winddrehung ist fürs Erste aus dem Felde geschlagen, oder der im längeren Pfeile a der Fig. 28 ausgedrückte Kraftüberschuss schwächt zuvörderst die vom

Fig. 28.

erwachten Gegensatz direct berührte thermische Nordcomponente des PolarPassates, dessen von der Erdrotation stammender in erreichten

südlicheren Breiten ohnedem merklichere östliche Seitenfactor allmälig immer entschiedener auftritt, jedoch nur, um in c angelangt mit a nach dem Kräfteparallelogramm zur südöstlichen Richtung d, dann durch Verbindung dieser mit dem fortdauernden SW zum Südwind e umgestaltet zu werden, welchen schliesslich der noch unerschöpfte SW mit den bekannten, jetzt in maximo entwickelten Folgen einer trüben, feuchten, im Luftdruck tief herabgesetzten Witterung absorbirt, deren Dauer von der früher oder später in Erwartung stehenden Wiedererstarkung der polaren Strömung abhängt. Ihr kampfbereiter Einfluss zeigt sich zunächst in der Zurückdrängung des thermalen Charakters der Aequatorialströmung, die Dank ihrer unter höheren Parallelen wirksameren Rotationscomponente in die westliche Bahn f einlenkt, um auf dem Wege der Combinationen zu den Resultanten g und h zu führen, aus welch letzterer der Wind zur Ausgangslinie unsrer Betrachtung zurückkehren kann. Gerade in dieser Phase ist für unser Klima die Gefahr des Rücksprunges am grössten und verhängnissvollsten, weil der in seiner überwiegenden Macht oben erklärte SW nur entweder nach mehrfachen Erneuerungen seiner richtenden Stösse oder durch einen sehr gewaltsamen stürmischen Einbruch des NE gebrochen wird, womit im ersten Fall die lange Dauer und häufige Wiederkehr der Wetterunbilden, im zweiten die der Gesundheit oft noch schädlichere Plötzlichkeit der Umänderung erklärt ist.

δ. Die Stürme.

§. 456. Die **Bewegungen der Luft** werden in den geringeren Graden kaum merklich, denn unser Gefühl hält dieselbe noch für ruhend, wenn ihre Geschwindigkeit für die Sekunde unter einem Meter bleibt, bei Verdopplung dieses Werthes wenigstens im Sommer für angenehm erregt, während erst bei einer Fortschreitung um etwa 10m von einem starken, bei einer solchen von 15—20m von einem heftigen Winde gesprochen wird, der mit 40—50m Bahnlänge zum **Sturm** und Orkan wird, hiebei auf den Quadratmeter senkrecht widerstehender Fläche einen Druck von 200 — 300 Kilogramm übend.

§. 457. Die **Entstehung** der gewaltigen Phänomene, welche oft von den Tropen aus ihre mit zahllosen Opfern bestreuten wirbelnden Bahnen verfolgen, ist von **Dove** so mustergiltig erklärt worden, dass die bei ähnlichen Versuchen oder Wiederholungen meist an ihn anknüpfende Darstellung am besten mit seinen eigenen Worten gegeben wird.

„Bezeichnet *ab* in Fig. 29 eine Reihe materieller Punkte, welche

Fig. 29

dem Aequator parallel durch irgend einen Impuls in der Richtung *ac* nach Nord hin in Bewegung gesetzt werden, so würden diese Punkte, weil sie von grösseren Parallelkreisen zu kleineren gelangen nach *gh* hin sich bewegen, wenn der Raum *dbh* ler wäre. Befindet sich aber in diesem Raume unbewegte Luft, so werden die Theile in *b* bei ihrer Bewegung nach *d* hin, im Raume *dbh* immer mit Lufttheilchen von geringerer Rotationsgeschwindigkeit in Berührung kommen, also in ihrer Geschwindigkeit nach Ost hin vermindert werden. Der Punkt *b* wird also statt nach *h* nach *f* hin sich bewegen. Die Theile in *a* haben hingegen neben sich, auf der Seite nach *b* hin, solche ursprünglich gleicher Rotationsgeschwindigkeit, sie bewegen sich also wie im leren Raume nach *g* hin. Ist demnach *ab* eine von Süd nach Nord getriebene Luftmasse, so wird die Richtung des Sturmes auf der Ostseite derselben weit mehr Süd sein, als auf der Westseite wo er mehr West ist, und es wird daher eine Tendenz zu einem Wirbel im Sinne SENW entstehen. Diese Tendenz zum Wirbel würde nicht da sein, wenn in dem Raume *dbh* keine widerstehende Masse sich befände, sie wird also zunehmen im Verhältniss, als dieser Widerstand die westliche Ablenkung des Sturmes hemmt. Der Sturm wird also desto heftiger wirbeln, je unveränderter er die ursprüngliche Richtung seines Laufes beibehält. In der Passatzone aber ist der Raum *dbh* mit Luft erfüllt, welche von NE nach SW fliesst. Der Widerstand wird also hier am grössten sein, die Luft *b* also so in ihrer Tendenz nach W gehemmt werden können, dass sie ihre Richtung nach *d* hin unverändert beibehält, während *a* nach *g* strebt. Der Sturm wird daher hier am heftigsten wirbeln, aber geradlinig mit unveränderter Breite fortgehen. So wie aber derselbe in die gemässigte Zone gelangt, findet sich im Raume *dbh* Luft, welche sich bereits von SW nach NE bewegt. Der Widerstand, welchen die Theilchen *b* bisher fanden, wird daher plötzlich bedeutend vermindert oder ganz aufgehoben d. h. die Richtung *bd* verändert sich nun schnell in die Richtung *bh*, der Sturm biegt also plötzlich fast rechtwinkelig um, während er an Breite schnell zunimmt, da der bisher zwischen der

Bewegung der Punkte in *a* und der Punkte in *b* vorhandene Unterschied nun aufhört."

§. 458. Ausser den Wirbelstürmen (Cyklonen), denen Lommel ein beschleunigtes Emporsteigen erwärmter Luft zu Grund legt, in deren central erzeugtes Barometerminimum die von der Erdrotation zu Spiralwindungen veranlasste umgebende Atmosphäre hineinstürzt, wonach dann die weitere Bedeutung des Sturmes bloss von der Grösse des Verdünnungsgebietes abhängt, können noch Aequatorial-, Strom- und Stau-Stürme unterschieden werden. Die ersteren, von Scirocco Italiens und Schweizerföhn repräsentirt, bestehen in nichts Andrem, als im gesunkenen beschleunigten Oberpassat; die zweiten, welche besonders die Küste der Nordsee als furchtbare Erscheinungen kennt, werden erzeugt, wenn senkrecht auf den SW ein kalter Polarstrom einbricht, unter dessen Mitwirkung für einige Zeit ein wüthender, gern zu Wintergewittern führender NW entsteht, wie er den grössten Theil des Januar dieses Jahres verunzierte; die letzten sind das Product eines Stirn gegen Stirne geführten Kampfes beider Passate, von denen in der Regel der polare durch den äquatorialen an einer anfangs scharfen, mit dichten Nebeln bezeichneten Grenze gestaut wird, zu deren beiden Seiten ein kaltes Gebiet mit hohem und ein warmes mit tiefem Barometerstand liegt; bald wird an vielen Punkten die Uebergangslinie verrückt und über weiten Strecken hin und hergeschoben, welche dann der Schauplatz rasch wechselnden Schnee- und Thau-Wetters werden.

Dem an der Spitze dieser Eintheilung erwähnten Scirocco sind an stürmischer Kraft, widerlicher Wärme und angreifender Trockenheit ähnlich der Solano Spaniens, der Chamsin Aegyptens, der Samum der Sahara, der Terreno Vorder-Indiens (der Harmattam Guinea's ist relativ kühl), welche Producte localer, doch weithin wirksamer Aspiration wegen ihrer an sich verständlichen Bedrohung der Organismen in den unverdienten Ruf der Giftigkeit kamen.

Besondere Sturmerscheinungen zu besprechen, geht hier nicht an; nur einer Beobachtung sei wegen der für die klimatische Hygiene berühmten Oertlichkeit gedacht.

Hallier hatte im August 1861 Gelegenheit, die auf Helgoland verbreitete Sage zu prüfen, dass man am Felsenrand beim heftigsten Regen- und Wind-Sturm unbelästigt bleibe, und fand wirklich bei einem gewaltigen Südweststurm die 150 - 190′ das Meer überragende Felsenkante windfrei, indem der an der steilrechten Wand abprallende Luftstrom zu einem Bogen sich aufbäumt, welcher über den nicht beunruhigten Rand des Plateau bis in dessen Mitte hineinspringt. — So auch blieb Gurlitt anfangs der vierziger Jahre auf der Insel Möen von Sturme unberührt, als er an der Kante einer schroff abfallenden

Kreidewand stand, so dass seine Zeichnungsblätter auf dem Boden liegen blieben, während 30 Schritte dahinter fast die Bäume unter den Windstössen brachen. Dieselbe Beobachtung machte Forchhammer an steilen Dünenabstürzen Jütland's, deren Höhen von den, Schutz vor dem Sturme suchenden, Schafen erklommen werden. Kohl erzählt Aehnliches vom schwarzen Meer.

ε. Hygienische Bedeutung von Wind und Sturm.

§. 459. Bei der reichlichen localen Entbindung schädlicher Gase, miasmatischer Emanationen und gröberer Abkömmlinge natürlicher wie künstlicher Thätigkeit, bei der verschiedentlichen Vertheilung lerer und mit Ansiedelungen überhäufter Gebiete, bei den häufigen und starken periodischen wie irregulären Variationen der atmosphärischen Wärme und Feuchtigkeit würde die äusserst langsam vorschreitende Diffusion der gasförmigen Medien eine dem thierischen Leben sowohl, als der Vegetation zuträgliche Ausgleichung einseitiger Ueberladungen oder excessiver Zustände nicht bewältigen können, während es leicht und rasch den Windströmungen gelingt. Besonders die Vegetation ist wegen der ihren Kindern angewiesenen festen Stellung und ihres Bedürfnisses atmosphäriler Nahrungszufuhr der letzteren nur sicher, wenn die im Gehalt der Kohlensäure und des Wasserdunstes bald erschöpfte Luft von Winden darin erneuert wird. Nicht bloss die Assimilationsacte der Vegetation befördern sie aber, sondern auch den entgegengezetzten Prozess der Stoffabgabe, indem die für Unterhaltung der pflanzliehen Saftströme nothwendige Verdunstung des Wassers an flächenreichen Organen, namentlich den Blättern, in stockender Luft höchlich erschwert ist, aber in vom Winde immer neu zugebrachten trockneren Schichten energischen Fortgang nimmt. In dritter Linie dient der Luftzug der geschlechtlichen Fortpflanzung der Gewächse, und zwar sowohl durch eine weitere räumliche Verbreitung leichter, oft mit Flugwerkzeugen ausgerüsteter Samen, wie der Nadelhölzer und Ahorne oder der Kryptogamensporen als auch durch mechanisch gekräftigte Ablagerung des Blüthenstaubes auf die weibliche Narbe, deren Befruchtung hiemit so begünstigt wird, dass die Getraideähren dureh anhaltende Windstille zur Blüthezeit schwer benachtheiligt werden sollen.

Auf der andren Seite steht als nachtheilige Einwirkung, abgesehen von der desfalls ad oculos demonstrirten vom Sturm verübten Entwurzelung und Zersplitterung der Bäume, die Erschwerung ihres vertikalen Wuchses durch öftere heftige Stösse, welche selbst im Süden als Consequenz des provencalischen Mistral und auf der balearischen Insel Menorka in den vom Tramontana südwärts getriebenen niedrigen Mastix-, Oleaster- und Wachholderbüschen wie in der eben dahin einseitig entwikelten Krone der Oel- und Mandelbäume

erscheint, von Borggreve aber an der Nordsee so massgebend erkannt wurde, dass die Unmöglichkeit, geschlossene Wälder dort aufzuforsten, vornehmlich hierin begründet ist, während einzeln stehende Bäume stets auf der Luvseite besser entwickelte, an der Leeseite verkümmerte Aeste zeigen. Neben den Küstengegenden sind die Gebirge in ihrer Vegetation von den Winden namhaft bedroht, indem die meisten Bäume eine nach der vorwaltenden Richtung verkrüppelte Ausbildung erhalten, und jenseit einer gewissen Höhengrenze der obersten Aeste immer wieder beraubt werden. — Auch in tiefer gelegenen Waldungen erkennt man die Windseite an der Bedeckung der Stämme mit Moos, wenigstens wenn relativ feuchtere Luft zuströmt, und an der Vertheilung der Jahresringe, welche unter rauheren Einflüssen schmaler werden, also eine grössere Verhärtung des Holzgewebes bedingen.

§. 460. Menschen und Thiere leiden natürlich bei ihrer freien Beweglichkeit und relativ grösseren Selbständigkeit weniger unter den Modificationen der Windrichtung und Stärke, participiren jedoch an deren Einflüssen mindestens indirect durch ihren engen Zusammenhang mit dem pflanzlichen Leben. Sehr anhaltende und heftige Luftströme beeinträchtigen zuweilen das freie Ortsbestimmungsvermögen von Vögeln und Insekten, einzelne Individuen oder ganze Schwärme der letzteren auf unfreiwilligen Bahnen in fremde Gegenden verschlagend, welche einerseits vielleicht ihren Lebensbedingungen nicht entsprechen, anderseits selber zum Schaden der ansässigen Bewohner eine, doch meist nur kurze, Verschlechterung der hygienischen Eigenschaften in Folge der Abfressung von Nutzpflanzen oder der Verwesung unzähliger Leichen erdulden. Weiters können Winde von sehr excessiven ungewohnten Qualitäten der Wärme und Feuchtigkeit Stimmung und Gesundheit um so gefährlicher bedrohen, je intensiver die Einwirkung und je weniger die Menschen in der Lage sind, sich davor zu schützen. So rafft der heisse Sandstaub des Samum zahlreiche Wanderer der Wüste dahin, die auf 40—45° C steigende Hitze bringt die vertrocknende Haut zum Anschwellen und Platzen, vor den trockenheissen Landwinden der persischen Golfküsten flieht wer kann ins kühlere Ispahan oder sucht im Seewasser Labung, und der Arbeitskraft wie Laune lähmende Scirocco tödtet bis zur transwolgaischen Steppe vordringend die dort weidenden Schafe „gleich den Fliegen.“ —

Mit bestimmten Krankheitsprocessen können Winde und Stürme, wenn man wie billig, von unmittelbar durch sie verschuldeten chirurgischen Verletzungen, wohl auch mit gleichem Rechte von den entzündlichen Reizungen beleidigter Respirationsschleimhäute absieht, bloss insofern in Beziehung gebracht werden, als miasma-

tisch-zymotische Infectionen entweder dadurch befördert oder vernichtet werden. In ersterer Hinsicht kommen einige Fälle in Betracht, wo Sumpfexhalationen mit Malariaconsequenzen von Winden an entfernte gesunde Orte getragen wurden, während unter ähnlichen Bedingungen stehende durch, den Wind abfangende, Wälder geschützt blieben. Im zweiten wichtigeren Falle denkt man an die ventilatorische Verschäuchung gesundheitswidriger Anhäufung in der Atmosphäre, wie die Bora für Venedig sorgen soll, der Mistral oft die Fieberepidemien Marseilles wegfegt, und Avignon die sprüchwörtliche Charakterisirung trägt: cum vento fastidiosa, sine vento venenosa. Weniger begründbar ist eine antimiasmatische Bedeutung der Winde in Folge lebhafterer Oxydation der in der Atmosphäre verbreiteten organischen Krankheitskeime entweder wegen der mit den Erschütterungen und Strömungen der Luftmassen allerdings gegebenen Vervielfachung der Berührungspunkte der zur chemischen Action berufenen Stoffe oder wegen reichlicherer Ozonbildung. Letztere Hypothese anlangend wird wohl kaum behauptet, dass das mechanische Moment der Bewegung, worin die Haupteigenthümlichkeit des Sturmwindes liegt, an sich die Umgestaltung des Sauerstoffes in die active Form befördere, wohl aber könnte dies durch Vermittlung der von den Winden sicher begünstigten Veränderungen in den Aggregatzuständen des atmosphärilen Wassergehaltes geschehen, mehr noch vielleicht geleistet werden mittels der zweifellos ihnen zuschreibbaren raschen und gleichmässigen Vertheilung eines der ruhenden Luft in sehr verschiedenen Quantitätsverhältnissen gewährten Agens. Indem dasselbe den Hauptsitzen massenhafter Volkserkrankung, den für gewöhnlich daran armen Städten von dem ihre Strassen durchfegenden Sturme zur Bekämpfung luftiger Feinde zugebracht wird, mag die von da und dort freilich selten mit völlig tadelloser Verbürgung eines causalen Zusammenhanges berichtete Unterbrechung, selbst gänzliche Aufhebung grosser Epidemien durch einen Sturm nicht weniger plausibel an seine, das Ozon angehende, Thätigkeit geknüpft werden, als an die, im Ganzen indess vermuthlich wirksamere, gewaltsame Mischung verschieden qualificirter Luftschichten, Hervorrufung beträchtlicher Niederschläge und Auslösung elektrischer Spannungszustände in „luftreinigenden" Gewittern.

§. 461. Die klimatisch-hygienische Wichtigkeit der Winde wird unter anscheinend gleichen Umständen in verschiedenem Grade entfaltet, wenn man den Ursprung derselben beachtet. Auf die von Lorenz 1867 gemachte Wahrnehmung, dass zur nämlichen Jahreszeit dieselbe Windrichtung einen sehr verschiedenen Charakter haben kann, kommt Köppen in Petersburg mit dem durch das reiche Material synoptischer Windkarten begünstigten Bestreben zurück,

jene Erfahrung aus der Entstehungsgeschichte der Winde herzuleiten. Es ist nämlich klar, dass ein SE beziehentlich mit den Eigenschaften einer polaren oder äquatorialen Strömung ausgestattet sein kann, je nachdem er von reinem Ost abstammend aus einem Centrum hohen Luftdrucks weht, oder seine Geburtsstätte in einem Wirbelsturm von vorwaltender südwestlicher und südlicher Richtung durch Combination fand. Indem er nach dem in diesem Beispiel angedeuteten Princip für Petersburg charakteristische Windrosen berechnet, von denen Wild mit Recht wünscht, dass ihre Methode an möglichst vielen Punkten der Erde in Anwendung kommen möge, ergibt sich, dass zur dortigen Isotherme bei geradlinigem Verlauf der Isobaren die Achse der thermischen Windrose fast senkrecht steht und bei geringer Bahnkrümmung des Windes dessen Herkunft ziemlich richtig angebbar ist. Der hier stattfindenden relativ schnellsten Luftbewegung entspricht der grösste Temperaturgegensatz zwischen den extremen Windrichtungen. Bei der mit erniedrigtem und erhöhtem Luftdruck correspondirenden cyklonalen und anticyklonalen Luftbewegung liegen die Pole der thermischen Windrose im Winter resp. um 40° links und 31° rechts, im Sommer 14° links und 20° rechts von der Isothermnormalen. Indem danach der Polarstrom (wenigstens während der kälteren Jahreszeit) bei ungekrümmter Isobare die Richtungen N, NE, E, beim Bestand einer Cyklone NW, N, NE, einer Anticyklone N, NE, E, SE, der Aequatorialstrom aber unter gleichen Modalitäten beziehlich: S, SW, W; — SE, S, SW; — SW, W, NW umfasst, kann allerdings ein Wetterumschlag mit seinen hygienischen Folgen ohne Aenderung der Windrichtung eintreten, wenn diese einer Anticyklone angehörig durch die Näherung eines westlichen Depressionscentrums den cyklonalen Charakter annimmt. —

Wie in der vorausgegangenen Untersuchung der zunächst locale Standpunkt die in Aussicht stehende allgemeinere auch den medicinisch-klimatischen Zwecken diensame Verwerthung der Resultate nicht verbietet, so sind Prestel's in Emden vornehmlich den ostfriesischen Verhältnissen zugewandte Forschungen über die Winde in Bezug der Salubrität und Morbilität, auf welche hier bloss hingewiesen werden kann, fähig in ihrer, vom Autor selbst schon zum System der von den Windbahnen tangential berührten barischen Isametralen und der Eintheilung der nördlichen Halbkugel in acht Windgebiete geschehenen Erweiterung die allgemeinen meteorisch-hygienischen Interessen zu fördern.

C. Der Kreislauf des Wassers.

a. Die Verdunstung.

§. 462. Das mit Ausnahme weniger wüster Flächen auf der Erde sowohl in den weiten Meeresbecken, wie in sporadischer Anordnung reichlich vorhandene Wasser erleidet beständig den Verlust sich losreissender oder abgestossener Moleküle, welche Gasform annehmend in der Atmosphäre einen nothwendigen Bestandtheil ihrer hygienischen Einwirkungen bilden. Schon der Uebergang der Flüssigkeit in die Dunstgestalt an sich erscheint als ein wichtiger klimatischer Act unter der Erwägung, dass die mehr oder weniger befeuchtete Oberfläche organischer Körper an der örtlichen und zeitlichen Verdunstungsfähigkeit einerseits selber in einem hohen, im imponirenden Gefühl der feuchten Schwüle oder der Vertrocknung klar ausgesprochenen, Grade theilnimmt, anderseits als höchst hygroskopisch gegen den sonst erzeugten Dunst empfindlich reagirt. Demnach ist die locale Evaporationskraft ein meteorischer Factor, dessen messende Verfolgung besonders in medicinischem Interesse weit häufiger und genauer geschehen sollte, als bisher theils wegen der überwiegenden übrigen Beobachtungsarbeiten, theils wegen der Unvollkommenheit von Apparaten, deren Technik in der Frostperiode besondre Hindernisse findet, der Fall war. Namentlich in Rücksicht des letzteren Störungsmomentes dürfte Wild's für Sommer und Winter eingerichteter Verdunstungsmesser empfohlen werden, an welchem die Wägungsmethode die Atmometrie vom wechselnden Aggregatzustand des Wassers unabhängig gemacht hat. Der Autor gibt davon in Carl's Repertorium der physikalischen Technik (X. Bd. 1874) diese Beschreibung;

Fig. 30.

„Bei einer Sortirwage *a* (Fig. 30) mit Eisengestell ist die von dem Stift *b* über der Wage getragene Wagschale entfernt und durch eine auf diesen Stift aufzusetzende kreisförmige Messingschale *c* von 250 Qcm Oberfläche und 25 mm. Tiefe ersetzt. Der Gradbogen *g*, längs welchem sich die Zeigerspitze *d* des untren Wagbalkenendes bewegt, ist so eingetheilt, dass jedem Theile 0,2 mm. Verdunstungshöhe in der Schale *c* entsprechen. Zu dem Ende muss also bei der genannten Ober-

fläche dieser jedem Grad eine Gewichtdifferenz der Schale von 5 gr. entsprechen. Damit bei der Aussetzung der Wage im Freien die atmosphärischen Einflüsse nicht einerseits die Wägung selbst stören, anderntheils die Eisentheile der Wage, insbesondre deren Schneiden angreifen, ist die Wage in ein kleines Glaskästchen *e* gestellt. Der Deckel des letzteren besteht aus zwei verschiebbaren Theilen; für gewöhnlich ist derselbe geschlossen und die Wagschale, von der Wage abgehoben, ruht unmittelbar auf ihm. Zur Zeit der Messung werden die beiden Deckelhälften zurückgezogen, wobei sich die Verdunstungsschale auf den Stift *b* der Wage aufsetzt und damit zugleich in den Glaskasten hineinsinkt. Dadurch wird sie bei der Wägung der Einwirkung des Windes entzogen, was noch sicherer durch ein Zuschieben des Deckels erzielt werden kann. Die Ablesung des Zeigerstandes geschieht durch die vordre Glaswand des Kästchens; um die Wage noch besser vor dem Rosten zu schützen, ist neben dieselbe auf dem Boden des Kästchens eine Schale *f* mit Chlorcalcium oder Schwefelsäure gestellt.“ — Eine mit *c* gleiche Reserveschale *c*, lässt jede Pause der Auswechselung benützen, und controllirt bei Schneegestöber nebenan gestellt, die auf der gegebenen Fläche in Rechnung zu bringende Niederschlagsmasse. Im Uebrigen fordert die Beobachtung bloss die Füllung der Verdunstungsschale mit reinem Wasser bis zu 5 mm. Randabstand und eine doppelte Abwägung am Anfang und Ende der Periode. — Die mit diesem Instrument constatirten Verdunstungsgrössen von 0.12 (Februar) — 2.83 mm. (Juni 1872) für das Tagesmittel schliessen sich ganz befriedigend an die Unterschiede der Temperatur, relativen Feuchtigkeit und Windstärke an. —

Das, wie es scheint, etwas complicirte und durch Beiziehung von Quecksilber unbequeme Evaporimeter v. Vivenot's, Lamont's und Prettner's Verdunstungsmesser, welch letzterer über einem flachen Gefäss eine den Wasserspiegel berührende Nadelspitze anbringt, bis zu deren wiederhergestelltem Contact nach einer beliebigen Verdunstungszeit aus einem calibrirten Gefäss Wasser nachgegossen wird, kenne ich nicht aus eigenem Gebrauch, von Prestel's Volumenatmometer, an welchem in das 100 Qcm. haltende Verdunstungsgefäss aus einer vertikalen nach Kubikcentimetern getheilten Glasröhre so viel Wasser abläuft, als von dem die Seitenöffnung der letzteren gerade bedeckenden Flüssigkeitsvorrath verdunstete, muss ich aber gestehen, dass abgesehen von seinem im Vergleich zur Ausstattung überraschend hohen Preise die Umständlichkeit einer genauen Einstellung und die leichte mechanische Beeinflussung des Ein- und Austrittes von Luft und Wasser am Verbindungsloch die Brauchbarkeit sehr in Frage stellen.

§. 463. Schübler bestimmt die jährliche Verdunstung innerhalb der heissen Zone auf 118″ und 353″, je nachdem der Pro-

cess im Schatten oder unter den Sonnenstrahlen abläuft, in Südeuropa (Rom) durchschnittlich zu 75.2″, in Mitteleuropa (Tübingen) zu 24.5″. Hieran und ebenso an der zeitlichen Verdunstungskurve, welche durchschnittlich im Januar ihr minimum (13.52‴ in Ofen) im Juli das um 115.5‴ höhere maximum erreicht, ist der in hohem Masse die Verdunstung bestimmende Temperatureinfluss deutlich erkennbar; neben diesem hat Ruhe oder Bewegung der Luft, der schon bestehende Feuchtigkeitsgehalt der letzteren, ihr Druck und die Beschaffenheit des Bodens für Intensität und Schnelligkeit der Evaporation eine Bedeutung, welche im Ganzen zu begreiflich, im Einzelnen zu wenig verfolgt ist, um hier zu detaillirter Darlegung zu veranlassen. Im Mittel kann der Wind die bei Luftruhe gefundene Verdunstungsgrösse einer gegebenen Fläche verdoppeln, und wird den meisten Einfluss haben, wenn er selber trocken ist, während er schon mit Feuchtigkeit übersättigt den Process zum Stillstand bringen müsste. Die aus aëromechanischen Gründen einleuchtende verkehrte Beziehung zwischen Barometerstand und Evaporation spielt eine hygienisch-klimatische Rolle, insofern sich daraus erklärt, dass auf Gebirgen mit tiefem Luftdruck unter sonst gleichen Umständen die Abdunstung nicht unbeträchtlich gesteigert wird und am Meere die hohe Atmosphärenpressung die sonst höchlich begünstigte Gasbildung aus dem Wasser mässigt. Uebrigens soll auch nach Ragona und Chapman die Verdunstung des Seewassers nicht viel über die Hälfte des unter gleichen Bedingungen stehenden süssen Gewässers betragen. Auf dem Festland ist zwar die geognostische Formation bei der Absorptions- und Evaporationsfähigkeit für Wasserdunst keineswegs gleichgiltig, indem z. B. Ackererde circa 10 mal mehr Wasser in gleicher Zeit aufnimmt, als Kalksand, und dann in derselben Frist nur 32 prc. abdunsten lässt, in welcher aus diesem 75.9 prc. evaporiren, während reiner Thonboden fast dreifache Zeit zum Austrocknen braucht, als verhältnissmässig gleich durchnässter feiner Quarzsand, aber zu klimatischem Einfluss gestaltet sich das differentielle Verhalten doch nur in den Extremen, wenn einerseits Stockung des Grundwassers bis zur Versumpfung, anderseits ein den Regen gierig bis zum spurlosen Verschwinden ansaugender Untergrund vorliegt. Endlich ist der Vegetation eine so namhafte Vermehrung der Evaporationsvorgänge eigen, dass eine Wiesenfläche das Doppelte und Dreifache an Wasserdunst der Atmosphäre zu übergeben vermag, als ein ebensogrosser Wasserspiegel, und der Wald einerseits an der stark abdunstenden Blätterkrone, anderseits auf dem feucht erhaltenen Boden einen klimatischen Einfluss entfaltet, welcher schon in §. 433 gewürdigt wurde.

§. 464. Die Verbreitung des Wassergases in der Luft erfolgt einmal durch das einfache Emporsteigen des leichten Gases

und dann bezüglich der horizontalen Vertheilung von den Winden. Auch abgesehen von der mischenden, doch auch einseitig anhäufenden Thätigkeit der letzteren ist an eine völlig gleichförmige Verbreitung des Wassergases in der Atmosphäre nicht zu denken, weil deren Temperaturverhältnisse unten wie in den wärmeren Regionen weit mehr desselben bestehen lassen, als oben und in den kalten Gegenden, ausserdem aber auch die mechanische Anordnung der Dunstatmosphäre nicht jene Selbständigkeit besitzt, wie sie als theoretische Consequenz des Dalton'schen Gesetzes der nur auf sich selbst wirkenden Gaspressungen erscheint, sondern in rasch wechselndem Verhältniss mit der vertikalen Höhe abnimmt, so dass der thatsächliche Dampfdruck in der Gesammtluft zu dem, aus den an der Erdoberfläche gefundenen Werthen, berechneten wie 1 zu 4 (Strachey) oder 1 : 5 (Lamont) sich verhält, ferner in den untersten 2000 Metern der Atmosphäre mindestens schon die Hälfte alles Wasserdunstes enthalten ist, in den über 6500 m. gelegenen Schichten aber höchstens noch 0.1, endlich bei durchschnittlicher Gleichförmigkeit der relativen Dunstsättigung verschieden hoher Luft die Dampfspannung in geometrischer Progression von der in arithmetischer abnehmenden Temperatur abhängt. — Die letzte Darstellung gibt schon den Unterschied des absoluten und relativen Feuchtigkeitgehaltes der Luft kund. Jener erscheint entweder als Gewicht des in einem bestimmten Luftvolum enthaltenen Wassergases oder im, nach Analogie der Barometerskala gemessenen, Druck des letzteren. Durchschnittlich kann 1 cub. m. Luft von -20^0 C 1.5 gr., von -10^0 : 2.9, von 0 : 5.4, von $+10^0$: 9.7, von $+15^0$: 13.0, von $+20^0$ C : 17.1 gr. Wassergas gelöst und ohne sichtliche Aenderung ihrer Eigenschaften führen, wobei die entsprechende Spannkraft des Dampfes 1.3, 2.6, 5.0, 9.5, 12.8, 17.4 mm. beträgt, und von da anfangs für jede Graderhebung der Temperatur um 0.9 – 1.3 mm., später aber viel schneller ansteigt, deshalb schon bei 40^0 C 53 mm. erreicht. — Obwohl diese Zahlen sowohl an sich verständlich genug sind, als auch in ihrer localen Vertheilung wie jährlichen und täglichen Periodicität leicht erkennen lassen, dass, falls nur die Oertlichkeit überhaupt die Bildung von Wasserdunst ermöglicht, die Wärme im geraden Verhältniss die betreffenden Werthe bestimmt, wäre doch eine volle Einsicht in den Gang der atmosphärischen Feuchtigkeit namentlich hinsichtlich ihrer physiologischen Einwirkungen daraus nicht zu entnehmen, wenn nicht die wahre Bedeutung der Angaben mittels des Begriffes der Sättigung ins rechte Licht gerückt wird. Für das menschliche Leben und seine nächsten Bezüge kommt nämlich auf die wirkliche Menge des in der Luft vorhandenen Wassergases wenig an, wohl aber sehr viel auf die secundär davon abhängigen Rückwirkungen zwischen ihr und den Perspirationsorganen. Hie-

rin entscheidet aber die Fähigkeit der Atmosphäre mehr oder weniger Wassergas aufzunehmen, beziehungsweise abzugeben, und dies wird, obschon im Wesentlichen vom mitgetheilten Verhältniss zwischen Gewicht oder Spannung des Wasserdunstes und Luftwärme bestimmt, doch am besten in einer eigenen Zahlenreihe ausgedrückt, welche in Beziehung auf den, die volle Saturation bedeutenden Werth: 100 den jeweiligen Sättigungsgrad einer bestimmt temperirten und sonst physikalisch wohl charakterisirten Luft in Procenten angibt. — Diese relative Feuchtigkeit der Luft steht zur absoluten im verkehrten Verhältniss, indem wärmere Luft so viel mehr Wasserdunst zu lösen vermag, als kältere, dass diese schon bei einem geringen aufgenommenen Quantum ihrer Sättigung näher gebracht ist, als jene durch ein grosses. So ist in geographischer Vertheilung, natürlich abgesehen von desfalls excessiven Einflüssen der Meere und der Wüsten die heisse Zone absolut reich, relativ schwach saturirt an Wasserdunst, die kalte entgegengesetzt qualificirt, und die gemässigte steht in der Mitte. In dieser sind die sowohl unter den Tropen, als innerhalb der Polarregion unbeträchtlichen Zeitschwankungen am merkbarsten, und zwar im Jahre so angelegt, dass das maximum mit 83 — 84 prc. in den Januar und December, das minimum von 54—64 prc. (in Südeuropa 44 prc.) in den Juli, doch auch Mai fällt, die Tagesvariation aber zwischen einem morgentlichen maximum und einem nachmittagigen minimum hin und hergeht, deren Abstände im Sommer grösser sind, als im Winter. Mit der Erhebung über den Meeresspiegel erleiden beiderlei Schwankungen eine, auf Bergen deutlicher als auf Hochebenen hervortretende Abminderung.

§. 465. Die Nachweisung der atmosphärilen Feuchtigkeit, deren genauere Darstellung wir der allgemeinen Meteorologie überlassen, beruht entweder auf dem Princip der Verdunstung oder des Niederschlages. Unter den in ersterer Richtung arbeitenden Apparaten ist August's Psychrometer am sichersten; man beobachtet die Standunterschiede eines trocknen und eines an der Kugelhülle befeuchteten Thermometers, von dessen Verdunstungsfläche erfahrungsgemäss 1 cub. m. vorbeistreichender Luft 0.65 gr. (Frostfactor 0.56) für jeden Celsiusgrad nachweislicher Temperaturerniedrigung an Wasserdunst aufnimmt, dessen Quantität unter Berücksichtigung der Thermometerstände und der entsprechenden Dunstsaturationen aus der Multiplication jener Zahl mit der psychrometrischen Differenz folgt. — In zweiter Linie ist die hygroskopische Verdichtung des Wasserdunstes an, hiebei verhältnissmässig verlängertem Fischbein oder Haar, auch Pflanzenfasern benützt, deren letztere mit (natürlich verwachsenen) Schichten differentem hygroskopischem Verhalten in gebogener, längs einer Skala veränderlicher Form Wolpert neuerdings zu einem unter den Voraussetzungen brauchbaren Procenthygrometer verwendet,

dass die möglichst gleichmässige Formänderung des Materiales innerhalb der gewöhnlichen Temperaturgrenzen von der Wärme nur als Regulator der atmosphärischen Feuchtigkeitscapacität bestimmt werde, dass der letzteren proportional die vom hygroskopischen Faden aufgenommene Wassermenge sei, und dass mit diesen die erkenntlichen Modificationen seiner Gestalt zusammengehen.

b. Die Niederschläge.

§. 466. Ist ein der Lufttemperatur entsprechender Grad von Feuchtigkeit beinahe erreicht, so genügt eine geringe Aenderung in den massgebenden physikalischen Eigenschaften der Atmosphäre, um einen Theil des Wassergehaltes auszufällen. Die häufigste Modalität, unter welcher dies geschieht, ist die Vermischung zweier ungleich warmer Luftschichten zu einer Masse, deren nach dem arithmetischen Mittel resultirende Temperatur dem nach demselben Schema berechenbaren Dunstgehalt nicht gewachsen ist, durch Vermittlung horizontal in einander wehender Winde oder durch Erhebung feuchter Lagen vom aufsteigenden Luftstrom in Höhen, deren Kälte eine partielle Verdichtung des Gases hervorrufen muss. In beiden Fällen führt letzteres zu einer der folgenden Erscheinungsformen.

α. Nebel und Wolken.

§. 467. Der Regel nach wird die erste Stufe der Abscheidung des atmosphärilen Wassergases in einer so feinen Vertheilung flüssiger Tröpfchen ausgeführt, dass deren im Auf- und Ab wallen oder Schweben anscheinend erfolgreiche Bekämpfung der Schwere zur Annahme hohler Bläschen geführt hat, deren wenn auch noch so zarte Haut indess doch das aërostatische Problem um so weniger zu erledigen vermag, als voraussichtlich die molekulare Spannung der peripherischen Atome das Lumen allmälig bis zum völligen Verschwinden einengen müsste. Schwer allerdings wiegen die optischen Gründe für die Annahme der Hohlkugeln, da aber hiedurch rein theoretische Interessen berührt werden, welche dem eigentlichen meteorologischen Feld zumal nach der hier betonten speciell praktischen Richtung fern bleiben, wollen wir die Frage nicht weiter verfolgen, sondern uns mit der Erklärung begnügen, dass ihre definitive Entscheidung im Augenblick zwar kaum vollständig reif sein dürfte doch sich überwiegend der Annahme solider Condensation zuneigt.

§. 468. Im unmittelbaren hygienischen Sinne kann ebenso gut, wie im Anschluss an den äusserlichen Sinneseindruck, ein Unterschied gemacht werden zwischen dem Nebel und den Wolken, deren physikalische Identität in der Entstehungsgeschichte und durch die successive in Tiefen und Höhen gewonnene Anschauung ausser Zwei-

fel gesetzt ist. Gerade indess ihr einziges oder doch wichtigstes differentielles Moment, die Oertlichkeit ihres Auftrittes, bedingt einen sehr verschiedenartigen klimatischen Eindruck, denn der Nebel umgibt uns selbst, befeuchtet die im nächsten Zusammenhang stehenden Dinge und macht den sowohl den Lebensbeziehungen als der Gemüthstimmung nachtheiligen Dunkelraum, dessen fatale, übrigens jedenfalls vielseitiger begründete, Consequenzen man im englischen Spleen wiederzufinden glaubt. — Im Allgemeinen können sehr nebelreiche Striche nicht als besonders gesund oder gar als zuträgliche Krankenaufenthaltorte bezeichnet werden; doch kommt viel auf die Zeit der reichlichsten Nebelbildung und auf die Modalitäten der letzteren selber an. Harmlos erscheinen die mit dem angenehmsten und den Gesundheitsverhältnissen meist sehr günstigen Herbstwetter verbundenen Morgennebel, deren Dunstmassen der frische Nordost aus dem der feuchtwarmen Erde entstiegenen Wassergas niederschlägt aber von den Sonnenstrahlen, zu deren Zulassung er die Luft klärt, wieder aufsaugen lässt. Diese drücken nach sprüchwörtlichem, hier nicht wohl misszuverstehendem Ausdruck den Nebel nieder, welcher früh genug verschwindet, um die, Geschäfte wie Krankenerholung begünstigenden, Tageseinflüsse nicht mehr zu stören. Ebenso wenig sind jene rasch entstehenden und verschwindenden Localnebel nach Sommergewittern schädlich, welche vielleicht zur seltsamen Ableitung des Höhenrauches aus einer elektrischen Zersetzung Anlass gaben. Die in solchen Fällen gewöhnlich lang zuvor durchwärmte Erde gibt einen Theil des ihr im kurzen Sturme gewordenen Niederschlages der Atmosphäre in Gasform zurück, welcher die der elektrischen Ausgleichung in der Regel folgende relative Abkühlung eine dichtere doch in der unter mannigfachen Temperaturdifferenzen bewegten Luft wenig Bestand habende Gestalt verleiht. Bedenklicher schon, wenigstens für empfindliche doch unvorsichtige Sommerfrischler sind die über Wasserflächen und Wiesen, namentlich in Gebirgsthälern am Abend erscheinenden Nebel, nicht sowohl an sich, als weil sie Zeichen sind der von den Abhängen heruntersinkenden kalten Luft, welche neben der Erniedrigung der Dunstcapacität auch die Organismen abkühlt. Am schlimmsten sind die den ganzen Tag einnehmenden Nebel, zu deren Erzeugung und Erhaltung das reichliche Material warmer Küstenströmungen oder die Ausdauer hygroskopisch und thermisch übel qualificirter Winde angenommen werden muss. In der hiemit bezeichneten klimatisch-geographischen Situation liegen genug Ursachen nicht zur directen Hervorrufung von Krankheit doch verhältnissmässig geringer Salubrität, um nicht nöthig zu haben, an eine eigenthümliche Giftigkeit der „dicken stinkenden Nebel“ zu appelliren, deren letztere zuweilen allerdings sehr aufdringliche Eigenschaft darin begründet sein mag, dass die zahllo-

sen Producte des natürlichen Zerfalles und der Industrie an den Wassertheilchen adhärirend länger als in heitrer bewegter Luft diese in den der menschlichen Athmung und Sinnesthätigkeit angewiesenen Schichten erfüllen und für jene schädlich oder widerlich machen.

§. 469. Die Wolken, welche von den Winden ans Firmament herauf, oder über dasselbe weggeführt werden, entstanden irgendwo durch Abkühlung relativ feuchter Luft mittels eines hineinblasenden kalten Stromes oder durch Gelangung eines feuchtwarmen Luftzuges in örtlich entwickelte Erkaltungs-Bedingungen, doch auch vor unsren Augen zumal an heissen Sommer-Nachmittagen von dem im Ascensionsstrom emporgetragenen Material in der kälteren Höhe gebildet, und vielleicht ohne den Horizont zu erreichen im Heruntersinken wieder aufgelöst, stehen als solche in keinem direct hygienisch-klimatischen Bezug, obwohl mittelbar selbst abgesehen von den nachfolgenden Condensations-Schicksalen der von ihrer Menge, Form und Vertheilung abhängige Grad der Himmelsbedeckung den meteorischen Charakter einer Gegend mitbestimmt.

Die Gestalt der Wolken gewährt auch sonst ein gewisses meteorologisches Interesse, weil wenigstens für die Prophetien der nächsten Zukunft unter den massgebenden Factoren die Himmelsschau eine wichtige Rolle spielt. — Howard's Eintheilung der Wolkenformen in cirrus, cumulus, stratus, nimbus mit ihren Unterarten und Uebergängen wird vermuthlich nie mehr völlig aus der Sprachweise der Witterungskunde verwischt, um so weniger, als eine Autorität, wie Kämtz ihr die Befähigung einräumt, die vorhergegangenen Wetteränderungen zu fixiren und für die bevorstehenden Anzeichen zu liefern. Demungeachtet fand sie nicht immer den bedingungslosen Beifall der Meteorologen, von denen Mehrere zu verschiedenen Zeiten Modificationen oder Ergänzungen vorschlugen, welche ich hier übergehe, nur die Creirung zweier neuer Wolkenformen: pallium und fracto-cumulus durch Poey 1863 registrirend, weil der Autor daran die Bemerkung knüpft, dass Howard's Nomenclatur in den Definitionen von stratus und nimbus nebst allfälligen Consequenzen in die Irre führen könne. Die letztere Ausstellung wird von dem in dieser Angelegenheit selbst hochverdienten Berichterstatter über Poey's Vorschläge: Fritsch (Wiener mtrlg. Zeitschrift: IX.) unter Aufdeckung von mancherlei Missverständnissen in trefflicher, uns zu weit abführender, Weise aufs rechte Mass zurückgebracht, sonst aber dem neuen Classifications-Versuch eine wohl kritisirte umfangreiche und gründliche Darstellung gewidmet, in deren Verlauf erwähnt ist, dass man eigentlich nur zwei wesentliche Wolkentypen zu unterscheiden habe, den cirrus, gebildet aus Eistheilchen, den cumulus aus Wasserbläschen. —

Die Bewölkung bestimmt einerseits den landschaftlichen Eindruck in einer das rein ästhetische Moment an Bedeutung übertreffenden Weise mit, und bildet anderseits schon deshalb einen wichtigen meteorischen Factor, weil, wie Fritsch zeigt, die Tagesschwankungen der Wärme im Frühling und Sommer dreifach, im Herbst und Winter zweifach so gross unter heitrem, als unter bedecktem Himmel sind. Die Periodicität der Bewölkung lässt sowohl tägliche wie jährliche maxima und minima erkennen; dort fallen die ersteren vor und ungefähr 10 Stunden nach Sonnenaufgang, die letzteren 2—4 Stunden nach diesem und gegen Abend. Im Lauf des Jahres pflegt die erste Hälfte des December und die zweite des Juni die meisten, Mai und August die wenigsten bewölkten Tage zu zählen. — In räumlicher Hinsicht steigt unter den Tropen für Tag und Jahr die Bewölkung mit der Sonne, befolgt in der gemässigten Zone die obigen allerdings vielfach exceptionalen Gesetze, und ist in der Polarregion so dicht und dauernd, dass höchstens am Abend der Himmel zuweilen heiter wird. — Berge verdichten durch die Stauung der Winde und die erkaltende Ausstrahlung viel Wasserdunst zu undurchdringlichen Hüllen, deren Erscheinung der Thalbewohner oft als erste Boten der Aenderung eines bei ihm noch anscheinend gesicherten Wetter-Charakters betrachtet. — Aechtes trocknes Continentalklima steht natürlich an Ausdehnung und Dichte der Bewölkung hinter dem maritimen weit zurück.

β. Regen und Schnee.

§. 470. Der Unterschied des guten und schlechten Wetters wird für die populäre Auffassung durch Nichts so prägnant hervorgehoben, als durch Auftreten oder Ausbleiben wässeriger Niederschläge, offenbar nicht so sehr wegen ihres meteorologischen Charakters an sich, sondern mehr in Berücksichtigung der Störungen, welche gesellschaftliche und geschäftliche Unternehmungen von denselben erfahren. Die über letztere sich erhebende wissenschaftliche Beurtheilung findet die an die Spitze gestellte Scheidung bloss dann durchgreifend, wenn ein sehr häufiger oder andauernder, kurz habitueller Zug der klimatischen Charakterisirung dieselbe begründet, während kürzere Wechsel der mässig auftretenden Erscheinungen die locale Annehmlichkeit und Salubrität bloss erhöhen können. Es kommt also hinsichtlich der hygienischen Bedeutung des Regens und ähnlicher Phänomene, für deren Entstehung gemeinsam ist, dass in Folge fortschreitender Abkühlung oder vermehrter Dunstzufuhr der wolkige Uebergangszustand der Verdichtung nicht mehr haltbar erscheint, diese vielmehr zu gröberer massenhafterer Verflüssigung vorschreitet, deren (bei tieferer Kälte erstarrtes) Product zur

Erde gravitirt, auf die Häufigkeit der Fälle und ihre Ergiebigkeit, doch auch darauf an, ob der beregnete Boden schwerer oder leichter, schneller oder langsamer die zugeführte Flüssigkeit bewältigt. Da Letzteres im von der Hitze zerklüfteten, durch sie die Verdunstung fördernden Erdreich der Tropen höchst energisch geschieht, sind die entweder täglichen, oder in langen Perioden massenhaft fallenden Regengüsse eher erquickend, als gesundheitswidrig, und im zweiten der erwähnten Fälle zauberhaft wirkende Provocatoren der üppigsten Vegetation. — In der gemässigten Zone ist neben den sogleich zu besprechenden zwei Hauptmomenten an einem besonderen Regen seine Entstehungsart für die, den physiologischen Eindruck vornehmlich bestimmende, Temperatur-Eigenthümlichkeit massgebend. Wurde er hervorgebracht durch Eindringung einer feuchtwarmen Luftströmung in eine kalte Schicht, so erscheint er relativ warm und ist den Pflanzen in der Regel wohlthätig. Hat ihn dagegen ein, wärmere Luft des Feuchtigkeitgehaltes beraubender, kalter Wind herbeigeführt, so sinken allerdings kältere Wassermassen in den Boden, aber zu einer Bedrohung seiner Vegetations-Bedingungen kommt es durch solche Temperatur-Erniedrigung selten, während durch den meist dem Sommer angehörigen Vorgang die Atmosphäre sowohl direct, als wegen der Latenz der Verdunstungs-Wärme abgekühlt wird. — Eine weitere hoch anzuschlagende hygienische Bedeutung erhält der Regen als Luftreiniger. Die unzähligen Staubtheilchen und kleinsten organischen Keime, welche von allen Bodenarten und bei jeglicher Benützung derselben in der Luft verbreitet werden, adhäriren mit bedeutender Kraft am Wasser und werden von demselben zum Boden mitherabgerissen, wo sie freilich bei ungewöhnlicher Massenhaftigkeit und sonst ungünstigen Umständen auch Infectionen ebenso gut veranlassen können, als Düngung oder Befruchtung, meistens aber der aggressiven Beziehung zu Organismen weit mehr entrückt sind, als während ihres Aufenthaltes in der hiemit buchstäblich ausgewaschenen Atmosphäre. —

§. 471. Die Regen-Häufigkeit kann nur bei vergleichender Würdigung der räumlichen und zeitlichen Verhältnisse richtig bemessen werden. Im Allgemeinen ist darauf der Stand der Sonne in Jahr und Tag von bestimmendem Einfluss, direct erkenntlich in den Tropen, secundär selbst unter höheren Breiten, welche die jenen gewährte strenge Periodicität oft nur noch andeutungsweise und vielfach gestört besitzen. Wo dort die Sonne culminirt, herrscht Regen fast den ganzen Tag hindurch und Monate lang, dann abgelöst von ebenso langer regenloser Zeit, welche an Orten mit zweimaligem Zenithstand der Sonne von einer entsprechend wiederholten, unter den Wendekreisen stets mit ersterer zusammenfallenden nassen Epoche

unterbrochen wird. Die tropische Regenzone verschiebt sich mit der Jahreszeit, umfasst aber immer nur ein beschränktes Gebiet, von dessen schmalen Grenzstrichen die scharf ausgebildeten Passate den Regen fernhalten, während nördlich von letzteren die auf der winterlichen Hemisphäre erkaltete herabsinkende Calmenluft die subtropischen Regen Nord-Africas und Süd-Europas hervorruft. Noch weiter hinauf zeigt sich eine Verspätung des hygrometeorischen Einflusses der Sonne, so dass Frühlings- und Herbst-Regenmaxima bestehen, welche in Mittel-Europa zu einem sommerlichen Extrem zusammentreten, das freilich um so weniger deutlich erkennbar ist, je mehr der für die Regenverhältnisse der gemässigten Zone höchst bedeutende Effect der Winde in den Vordergrund tritt. Bei einfacher Zusammenstellung der den einzelnen Windrichtungen zukommenden Regenfälle fand Pilgram in Wien für NW. die grösste Zahl 57.9, für NE. die kleinste 1.4. Wird gleichzeitig die Häufigkeit der Windrichtungen erwogen, so ergibt sich, dass nach dem Massstab der Probabilität unter 4 SW.-Winden Einer Regen bringt, dies dagegen bei E.-Wind erst unter 10 Fällen Einmal eintritt. Die Präponderanz der westlichen Niederschläge über die östlichen erscheint, wenigstens was die zunächst ins Auge gefasste Zahl der Regentage anlangt, ausgemacht; hinsichtlich der Regenmenge wird die Sache dadurch etwas complicirter, dass gerade die mit gar keiner bestimmten Windrichtung zusammenhängenden Regengüsse des aufsteigenden Luftstromes am ergiebigsten sind. Bevor wir uns dem eben erwähnten Element der Niederschläge zuwenden, sei noch bemerkt, dass die durchschnittliche Zahl der jährlichen Regentage beträgt für Süd-, Mittel- und Nord-Europa beziehentlich: 71—120, 146, 180. —

§. 472. Die Menge des Regens wird durch Auffangung desselben auf einer bekannten Fläche, von welcher aus ein Trichter das gesammelte Wasser (oder den geschmolzenen Schnee) in eine calibrirte Röhre leitet, in dieser volumometrisch bestimmt oder gebräuchlicher in der Höhe, bis zu welcher unter Abrechnung jedes Verlustes der Niederschlag den Boden bedecken würde. Linien gleicher mittlerer Regenhöhe: Isohyetosen (Berghaus) von zur Zeit wenig gesichertem Verlauf lassen immerhin erkennen, dass eine allerdings in der Anlage vorhandene räumliche und zeitliche Gesetzmässigkeit in der Vertheilung des Regenquantums durch secundäre Umstände, besonders die befördernde vertikale Erhebung und horizontale Annäherung ans Meer verhüllt, oft gänzlich umgestossen wird. Sicher ist, dass die Wärme eine beträchtliche Regenhöhe begünstigt, denn im Allgemeinen ist dieselbe unter den Tropen überhaupt und in der gemässigten Zone im Sommer, sowie während des Tages am grössten.

Sie beträgt beispielsweise in Paramaribo: 134″ P., in Vera Cruz 171, in Lissabon 25, in Wien 17, in Bergen 83″, im mittleren Deutschland 21″, erreicht daselbst binnen 24 Stunden selten 3″, bei den stärksten Sommerregen meist bloss 1″, verursacht schon bei 2″ schneller Erzeugung Ueberschwemmungen, und steht im Ganzen zwischen Deutschland und Grossbritannien im ungefähren Verhältniss von 1.2 : 2.1. — Die Zunahme der Regenhöhe auf den Bergen, in der Schweiz von 28.2″ (Genf) zu 51.5″ (S. Bernhard) und überhaupt im Regenreichthum der Alpenstationen nachgewiesen, gilt für kleinere Höhen-Unterschiede nicht, vielmehr wächst die Vergrösserung der Regentropfen in den hochsaturirten deshalb reichliches Condensations-Material an die kalten Massen abgebenden Luftschichten so merklich, dass in Paris bei einem Vertikal-Abstand von 28.7 m. das untere Jahresmittel um 69.38 mm. grösser ist, als das obere (507.41 mm.).

§. 473. Der Schneefall kommt unter dreierlei Bedingungen zur Erscheinung, indem einmal innerhalb der gemässigten Zone ein Theil des Jahres die feste Form des Niederschlages wenn nicht fordert, doch begünstigt, ferner in der Polarregion theils ganz theils nur mit kurzer Unterbrechung die Erstarrung des Wassers von den Temperatur-Verhältnissen bedingt ist, endlich selbst in den Tropen über bestimmte Höhen hinaus jenes nur krystallinisch erscheinen und bestehen kann.

In ersterer Hinsicht bildet der Schnee nach der Häufigkeit und Massenhaftigkeit seines Auftrittes ein so wesentliches klimatisches Element, dass vollständige Schneefreiheit oder Beschränkung desselben auf kurze seltene Fälle, deren Erzeugniss schnell wegschmilzt, in der Charakteristik der Curorte ausdrücklich hervorgehoben zu werden pflegt. Absolut schneefrei ist kein Punkt Europas, ohne dass deshalb alle die gute Qualificirung als Winter-Aufenthalte verlören, denn es kommt für diese weit weniger darauf an, dass überhaupt nie Schnee gesehen werde, als darauf, dass er keinen grossen Einfluss gewinne. Hiefür erscheint die geographische Breite so bestimmend, dass im südlicheren Italien 1.5 — 1.7, im nördlichen 9.6, in Mittel-Deutschland dagegen 33—45 den Durchschnittswerth der jährlichen Schneetage bildet, wobei dort die Monate Mai bis October, hier nur Juli, August (und September) völlig unberührt bleiben, fast überall aber der Januar die grösste Wahrscheinlichkeit des Schnees, zwischen Süd- und Mittel-Europa ungefähr im Verhältniss 2.2 : 9.1 darbietet. —

In zweiter Linie ist vermuthlich auch die kälteste Gegend der Erde nicht durchweg Schneegebiet, sondern derselbe wird zeitweise von Regen abgelöst, doch überwiegt jedenfalls der erstere namhaft, so dass er im kurzen Sommer nicht wegschmilzt, sondern in Verbin-

dung mit dem an der Erdoberfläche selbst gebildeten Eise Vorrathskammern der Kälte bildet, deren Einwirkung auf das europäische Klima um so weniger übersehen werden darf, als sie zuweilen am fühlbarsten in Perioden erfolgt, in denen die erwachende, in ihrer Frische reizendeste Vegetation, die dadurch erregte Reiselust und das im harten Winter gewissermassen angehäufte Bedürfniss nach Erholung den Kranken schon mit den Plänen, vielleicht sogar der Ausführung seiner Ortsveränderung beschäftigt. — In der berühmten Untersuchung über die Rückfälle der Kälte im Mai (1857) stellt Dove zahlreiche Bestätigungen der bekannten Erfahrung zusammen, dass gewisse Tage des angeblichen Wonnemondes, in Norddeutschland zwischen 10. und 13., in Süddeutschland am 12—14., mit Frost und Reif bedroht sind, welche natürlich am verhängnissvollsten bemerkt werden, wo die Vegetation sich gerade im empfindlichen Stadium der Blüthe befindet. Um die meistens doch nicht immer nördlich gelegene Erkaltungs-Ursache zu constatiren, muss man über die temporäre Schneegrenze hinausgehen, weil an dieser zur Zeit da das Eis grosser Strom-Gebiete von den, dem abschmelzenden Schnee entstammenden, Wassermassen gesprengt und ins Treiben gebracht wird, nachweislich eine den Frostpunkt um 2—3° C. übertreffende Temperatur herrscht, welche eine bis zu jenem mindestens gehende Abkühlung natürlich nicht hervorrufen könnte. Vielmehr „bilden die kalten Maitage ein Glied in der Kette jener grossen periodischen Veränderungen, welche sich in der Wanderung der Isothermen und in der Auflockerung der Luft im Sommer von Asien sò überwiegend aussprechen." — Mehr als die ohnedem nicht immer und überall besonders scharf ihre berüchtigte Kälte kundgebenden Einzeltage interessiren uns kühle Frühlinge überhaupt, deren negative Temperatur-Anomalie hygienisch um so grösseren Schaden stiftet, je unerwarteter ihr Gegensatz zu einem vorangegangenen milden Winter erscheint. Im Zusammenhang mit obigen Forschungen findet nun Dove diesen Fall am häufigsten, wenn in Nord-Amerika ein strenger Winter ungeheure Eismassen sammelte. „Wenn Polarströme im Winter über Amerika lange Zeit dem Aequator zugeflossen sind, während Aequatorialströme über Europa hin dem Pole zuströmten, muss die kalte Luft jener endlich die Wärme dieser erniedrigen, weshalb ein Nachwinter folgt, indem der als NW. einfallende kalte Strom, den SW. verdrängend, eine schnelle Drehung nach NE. beschreibt, wo dann der südliche Strom durchbrochen wird und auf die Westseite des Polarstromes zu liegen kommt; der Polarstrom wird dann später, wahrscheinlich in höheren Breiten, von dem Aequatorialstrome durchbrochen, und dadurch von seiner in diesem Theile des Jahres bereits in den nordamerikanischen Polarländern liegenden Quelle abgeschnitten, so dass seine Dauer verhältnissmässig kurz oder vielmehr die

Erscheinung jenes Kampfes eine mehrfach sich wiederholende ist." Nicht weniger kann ein kalter nordasiatischer Winter auf einen gleichzeitig warmen europäischen im Frühling rückwirken, „endlich, wenn die Ströme mehr als E und W nebeneinander gelegen, oder die polare Luft durch entgegenwehende SWinde lang gestaut worden ist, ein nördlich relativkalter Winter auf einen südlich gelegenen relativ warmen." — Besonders erwähnt Dove den ausserordentlich kühlen Mai 1814, dessen Mittelwärme 9.15° C die tiefste binnen 59 Jahren war, als Beispiel der Nachwirkung eines ungewöhnlich strengen Winters in Nord-Europa auf südlichere Striche, ferner die Maifröste von 1838 als Folgen eines furchtbaren Winters, welcher in Norwegen das Quecksilber gefrieren machte; im Allgemeinen aber erklärt er die grossen Kälterückfälle in Europa nach strengen Wintern aus einem nördlich, nach milden aus einem seitlich gelegenen Entstehungsgrund. — Man sieht, dass dieser wesentlich im Wechsel der thermischen Luftströmungen liegt, der, nachdem der Einfluss des periodischen Eises und Schnees auf ein bescheidenes Mass zurückgeführt ist, von deren bleibenden Polaranhäufungen mitbestimmt wird. —

Der dritte der oben erwähnten Punkte betrifft die Schneelinie, oberhalb deren nicht etwa zu allen Jahreszeiten es schneien muss, sondern bloss im Winter mehr Schnee fällt, als die kurze und schwache Sommerwärme abzuschmelzen vermag. Da demnach Masse des Niederschlages und Höhe der Temperatur in einen Conflict gerathen, als dessen Resultante die Schneegrenze der Gebirge erscheint, muss auf deren absolute Höhe nicht allein die geographische Breite, sondern auch die continentale oder maritime Lage Einfluss haben, zu welchem sich in zweiter Linie Steile des Abfalles und vorherrschender Wind gesellen. So zieht sie in Alpen (2708 m.) und Pyrenäen (2728 m.) fast gleich, weil diese zwar um circa 3° 15′ südlicher liegen, aber bei ihrer bekannten Lage und zerklüfteten Configuration verhältnissmässig reichlichere Schnee-Anhäufung gestatten; aus ähnlichen Gründen sinkt sie am Süd-Abhang des Himalaya auf 3956 m. und steigt am nördlichen zu 5067 m. empor; in den Andes von Quito verläuft sie bei 4814 m., in Nord-Grönland unter einer Breite von 75° bei 715 m. und erreicht an der Südwestspitze Spitzbergens die See. —

Viel tiefer herunter gehen die Gletscher, welche hier kurz erwähnt werden müssen, weil sie sich zuweilen mitten in Vegetationsflächen und in die Nähe menschlicher Wohnungen erstrecken, also in Regionen ihren unmittelbaren erkaltenden Einfluss üben, wo sie nicht entstanden sein können. Vielmehr haben wir einen unter einem Gefäll von 1′ zu 6′–25′ herabgerutschten Eisstrom vor uns, dessen Material und Form durchaus nicht unveränderlich sind, aber eine über säculare Perioden zerstreute Geschichte besitzen. Jenes wird von den,

in kalten Nächten und warmen Tagen sich ablösenden Phänomenen des Gefrierens und Aufthauens (Regelation) unter Mitwirkung ungeheuren Druckes auf die unteren Partien der Anhäufung, wie der Reibung und Abschleifung auf die oberflächlicheren Firnkörner dargestellt; diese verräth an den zahlreichen Eisspalten wie an den Bodenerscheinungen längs End- und Seiten-Rändern, selbst an der Fläche aufgelagerten Felsblöcken eine beständige doch sehr langsame Variation, welche die Gletschergrenze durchschnittlich im Jahr um 2—3 m. verschiebt und durch die Abschmelzung an den Bodencontactstellen wie die Pressung der rutschenden an einzelnen bis 7000 Million cubm. betragenden Massen unterhalten, periodische Einflüsse ins untere Land tragen, zur Zeit geringfügig, aber bei, von abnormen Wintern unter Mitwirkung geologischer Umwälzungen hervorgerufenen massenhaften Vergletscherungen nördlicher Regionen deren klimatische Verurtheilung und in weiterer Folge die unter günstigeren Umständen langsam wiederausgeglichene Eiszeit Europas verschuldend.

§. 474. Bei raschem Wechsel von dem Gefrierpunkt naheliegenden Temperaturen, also besonders im Frühlingsanfang, doch auch in veränderlichen Wintern mit vielen Modificationen in den physikalischen Eigenschaften horizontaler Strömungen und vertikaler Schichten der Atmosphäre wird jene solidere Verdichtung der Eisnadeln und jene Ballung kleiner Schneemassen begünstigt, welche zu den Erscheinungen der Graupeln und Schlossen führen. Während in diesen nur mehr oder weniger feste und grosse Schneeballen vorliegen, zeigt der Hagel wirkliches Eis, welches um einen meist dichteren Kern in nicht immer regelmässigen doch im Allgemeinen concentrischen Schichten so massenhaft sich ansetzen kann, dass die Grösse von Hühnereiern erreicht ja übertroffen wird und der wenn auch nur kurze Aufenthalt solch schwerer zahlloser Körper während ihrer Bildung in der Luft wohl am besten aus der Annahme überkalteter doch flüssiger Wolken sich erklärt, innerhalb deren das aus höheren Schichten unter der hiebei stets merkbaren stürmischen Luftbewegung abgeschiedene Graupelkorn mit augenblicklich erstarrenden, die Innenlagen durch Druck verdichtenden Panzern beschlägt. — Die physiologische Bedeutung des Hagels wird durch seine, fast ausnahmslose Verlegung in den Sommer (doch hagelte es zu Pola binnen 9 Jahren 7 mal im Winter und bloss 3 mal im Sommer, während der stärkste Hagel mit Orangengrossen Brocken von $^1/_2$—$^3/_4$ Pfd. Gewicht am 5. September 1873 fiel (Pick)) erschwert, weil in dieser Jahreszeit die meist in einer wichtigen Entwicklungsphase befindlichen Pflanzen sowohl unter den, auch kleineren Thieren gefährlichen mechanischen Schlägen, als in Folge der vom, über Culturland angehäuften, es bei allmäliger Ab-

schmelzung mit kaltem Wasser durchtränkenden, Eise ausgehenden Abkühlung schwere oft unersetzliche Benachtheiligungen erfahren. —

γ. Thau und Reif.

§. 475. Der äusseren Erscheinung und dem örtlichen Eindruck nach dem Regen und Schnee vergleichbar haben Thau und Reif das differentielle Moment ihrer Entstehung für sich, welche unmittelbar am Ort der Auffindung sich derartig zuträgt, dass durch starke Ausstrahlung erkaltete Körperflächen die Temperatur der berührten Luft bis zur flüssigen oder unter dem Gefrierpunkt festen Ausfällung des Wasserdunstes erniedrigen. Jene Phänomene werden demgemäs durch Alles begünstigt, was die Irradiation fördert: grosse Oberfläche im Verhältniss zum kleinen Volumen, heitre ruhige Luft, in Folge dessen ein bedeutender Unterschied der Tages- und Nacht-Temperatur-Extreme, endlich von der andren Seite durch einen namhaften Feuchtigkeitsgehalt der unteren Luftschichten, welcher für sich allein jedoch nicht massgebend ist, wie die fast vollkommene Thaulosigkeit des Meeres und kleiner Inseln beweist; am stärksten sind dagegen jene Bedingungen unter den Tropen entwickelt, deren üppige Pflanzenwelt oft und lang den von den Blättern förmlich herabrieselnden Thau als Ersatz des Regens für ihre Ernährung verwenden muss. —

Dem Reife täuschend ähnlich, doch dichter abgelagert, von Wilhelm in Ungarisch Altenburg zu 201 gr. Eis auf den Quadratfuss bestimmt, zeigt sich der Beschlag (an Mauern zuweilen bei tropfbarem Zustand bloss durch dunklere Stellen die Benässung anzeigend) und der Rauhfrost auf Aesten und Zweigen. Wohl liegt auch hier Wasserausscheidung in Folge von Temperaturerniedrigung vor, aber diese entstand nicht durch Ausstrahlung, sondern unter der gewöhnlichen Einwirkung des Winters auf den erstarrenden Boden nebst seinen Anhängseln, an deren tief temperirten Flächen das von plötzlich einbrechenden feuchtwarmen Winden beigeschleppte Wassergas sich absetzt. Während also beim Thau Luftruhe, heiterer Himmel, Sommer, heisse Zone die Erscheinung begünstigen, geschieht dies für den Beschlag durch Wind, Bewölkung, Winter und eine vom jahreszeitlichen Wechsel berührte Region. — Durch Erstarrung des aus eingebrochenem Südwest herabgesendeten Regens am noch gefrorenen Boden oder seltener durch unmittelbaren Niederschlag des Dunstes aus nebeliger Luft entsteht das besonders wegen der gleichmässigen Ueberziehung und Ausfüllung aller Vorsprünge und Vertiefungen gefährliche Glatteis. —

c. Physiologische Bedeutung des trocknen und feuchten Klima.

§. 476. Wenn überhaupt die natürliche Abhängigkeit menschlicher Constitutions- und Charakter-Eigenthümlichkeiten auf Grund theoretischer Erwägungen, wie zahlreicher Erfahrungen höchstens von Jenen geläugnet oder beschränkt werden möchte, welche in vergeblicher Bemühung den Menschen soviel als möglich über die Natur emporheben wollen, so hat insbesondre der klimatische Einfluss um so mehr Aussicht auf Anerkennung, als einerseits ersichtlich selbst in engeren Kreisen Gewohnheiten und Geschäfte des Lebens davon in einschneidender Weise bestimmt werden, anderseits die der Neuzeit durch schwunghafte Betreibung der Auswanderung eröffneten Vergleiche wie die im Interesse der Akklimatisation vielfach ausgeführten Studien deutliche Belege einer langsamen aber durchgreifenden nationalen Umwandlung ergaben, an denen das Klima in erster Linie mitarbeitet. Unter seinen Elementen scheint nach dieser Richtung hin die Luftfeuchtigkeit eine Hauptrolle zu spielen, vermuthlich nicht allein, weil sie selber die Thätigkeit der Schleimhäute, besonders der Athmungswege, wie der äusseren Körperoberfläche in sowohl dem Stoffwechsel als der Nervenstimmung nicht gleichgiltige Modificationen versetzt, sondern auch weil mit ihr immer Temperatur, Wind und Niederschlag in so inniger Verbindung steht und geht, dass allemal ein meteorischer Complex von gemeinsamer Wirkung vorliegt, aus welcher der auf den Wassergehalt der Atmosphäre bezügliche Antheil theils wegen besonders gut gelungener Erforschung der Verhältnisse, theils wegen einer vielleicht glücklichen doch einigermassen einseitig bevorzugten Richtung der Aufmerksamkeit in den Vordergrund gestellt worden ist. Diese Zuwendung einer lebhaften Theilnahme für die hygrophysiologischen Beziehungen ist vornehmlich Desor zu verdanken, welcher auf einer schweizerischen Naturforscherversammlung zu Pruntrut 1853 den angedeuteten Punkt zum Hauptgegenstand eines Vortrages wählte über das Klima der nordamerikanischen Unionstaaten und seinen Einfluss auf Sitten und Gebräuche der Bewohner. Unter der in Amerika wie Europa vorwaltenden Herrschaft des Südwestwindes, welcher unsrem Erdtheil die Feuchtigkeit des atlantischen Oceans hereinbringt, während er dort dieselbe an den westlichen Küstengebirgen und auf dem weiten Landweg abgebend bis zu den belebtesten Culturstätten an Trockenheit zunimmt, bleibt die Atmosphäre der vereinigten Staaten, sobald ein wechselnder Wind die an sich weder auffällig seltenen noch dürftigen Regen verscheucht hat, viel tiefer unter ihrem Sättigungspunkt, als bei uns, was zu folgenden klimatischen Eigenthümlichkeiten führt. Die Getraide-Aerndten sind bei der regelmässigeren Vertheilung der Niederschläge und der schnelleren Austrocknung ihrer Rückstände in hohem Grade gesichert; die

Bewohnung neuer Gebäude ist überraschend bald ohne Unannehmlichkeit möglich, weil die Feuchtigkeit des Materiales rasch verschwindet, wie auch diejenige des Holzes, das leicht sich wirft und reisst, so dass stärkerer Leim verwendet und eine besondere Technik des Klavierbaues eingehalten werden muss; Brodvorräthe werden in wenigen Tagen durch Trockne und Härte ungeniessbar, die damit der Haushaltung bereiteten Sorgen aber ausgeglichen von der fast während des Aufhängens eintretenden Abtrocknung der Wäsche. Das Gesagte steht an sich ausser Zweifel, sowie in einem höchst durchsichtigen Zusammenhang mit dem Witterungsfactor. Etwas gewagter erscheint seine Verbindung mit tieferen Anlagen des nationalen Wesens, doch aber wohl begründbar, sofern eine gewisse Complication mehrfacher Natureinflüsse und eine Mitwirkung der allerdings gerade von jenen grossentheils veranlassten Lebens Gewohnheiten zugestanden wird. Zunächst liegt eine Zurückführung der mageren, sehnigen, langhalsigen Körperstructur, welche nicht bloss den Eingebornen eigen ist, sondern auch von Zugewanderten nicht immer persönlich, doch schon in der nächsten Generation erworben wird, auf die scharfe Austrocknung der Gewebe, straffere Spannung ihres Tonus und Beschleunigung des Stoffwechsels unter klimatischen Einflüssen, deren feuchtwarmer Gegensatz notorisch zu träger, hiemit der Wärmeregulation nicht mehr genügend diensamer, Hautverdunstung, Erschlaffung der Muskulatur, fettiger und seröser Aufgedunsenheit des Zellgewebes, Anschoppung drüsiger Organe führt. Der hievon abhängige verschiedenartige Habitus wird auch mehr oder weniger ausgesprochen wieder gefunden, wenn man in der heissen Zone die schwammigen schlaffen Gestalten der unmässig feuchten Gegenden mit den schlanken stahlfesten Formen des Bewohners der trocknen Wüste vergleicht. Wie hier über das Moment der leiblichen An- und Umbildung hinausgehend Caradec die indolente Ruhe, Gemächlichkeit und Genusssucht des warmfeuchte Luft athmenden Asiaten der Beweglichkeit, Strapatzen-Ausdauer und Energie des seine ausgedorrte Heimath als Nomade durchziehenden Arabers gegenüberstellt, so glaubt Desor die fieberhafte Regsamkeit und geschäftige Eile, welche den Strassen der nordamerikanischen Städte einen den Ankömmling beunruhigenden Charakter verleiht, weniger in der Dringlichkeit der Lebens-Ansprüche oder- Pflichten, von der sich der Engländer wohl auch in den Handels-Emporien Britanniens auf dem Wege der Ueberlegung seines Vortheiles und der Concurrenz zu hastiger Thätigkeit getrieben fühlt, als in dem Instinct, der angebornen Ungeduld und empfindlichen Reizbarkeit des ächten Yankees begründet. Die letztere wird natürlich dadurch nicht gemässigt, dass selbst Frauen und Kinder in ihren nervösen Verlegenheiten zu narkotischen und spirituosen Stimulantien greifen, von denen ein vornehmlich die desfall-

sigen weiblichen Verirrungen grell schildernder und scharf geisselnder Berichterstatter der New-York Tribune hervorhebt, dass sie unter den gegebenen klimatischen Verhältnissen selbst dem stärksten Manne zu Gift würden.

§. 477. Krankheit und Tod treten unter den Differenzen des feuchten und trocknen Klimas oder Wetters nicht so prägnant hervor, dass ausser etlichen Einzelheiten eine allgemeine Gesetzlichkeit des Verhaltens behauptet werden könnte. Ein hoher und beständiger Grad atmosphärischer Feuchtigkeit scheint sich mit der an sich unwirksamen Hitze verbinden zu müssen, um die Keime des Gelbfiebers auszubrüten, von Puerperalepidemien und ähnlichen Zersetzungskrankheiten hat man ein gerades Verhältniss der in- und extensiven Verbreitung zur localen oder zeitlichen Regenmenge und Luftfeuchtigkeit beobachtet (Schottland 1822/23) und Prestel's für Ostfriesland aufgestelltes Gesetz, dass Abnahme der Regenmenge im nächstfolgenden Monat eine Zunahme der Sterblichkeit bedinge, wie umgekehrt, soll in Gotha eine siebenmalige Bestätigung gefunden haben. Einen günstigen Einfluss feuchter Luft entnimmt Casper der, keinesfalls allerwärts bestätigten Thatsache, dass in trocknen Wintern durchschnittlich mehr Kranke sterben, als in feuchten, und ebenso im Herbst; dagegen zeigt die Mortalität dahin verglichener Sommer keinen erheblichen Unterschied, und in trocknen Frühlingen bemerkte man sogar eine mit der desfallsigen winterlichen Steigerung fast gleich grosse Verminderung der Sterblichkeit gegenüber der Anzahl der in dieser Jahreszeit bei feuchtem Charakter vorkommenden Todesfälle. Unter 9 Monaten überstieg in vieren die Sterblichkeit an Entzündungen den Durchschnittwerth und blieb in fünfen darunter, welch letzteres auch in 4 trocknen der Fall war. Im Allgemeinen wird die Procentzahl der Mortalität in feuchter Zeit für Berlin zu 48, in Paris zu 49.5, in trockner beziehentlich zu 52 und 50.5 prc. angegeben; auch dieser kleine Unterschied kommt jedoch nur während des Winters zur Geltung. —

Nicht zu vergessen ist eine locale Insalubrität, welche in secundärer Weise mit einem höheren Grad von atmosphärischer Feuchtigkeit in Verbindung gebracht werden kann, indem diese unterstützt von der Wärme und der Bodenbeschaffenheit die möglicher Weise zu Miasmen führende Entmischung organischer Substanzen begünstigt. — (Phthisen-Immunität troknen Bodens — ? —)

d. Klimatische Bedeutung der Wasser-Strömungen.

§. 478. Von unmittelbarer meteorologischer Wirksamkeit ist bloss derjenige Theil der den Kreislauf des Wassers umfassenden Vorgänge, welcher innerhalb der Atmosphäre in den Formen der Ver-

dunstung, der Verdichtung und des Niederschlages verfolgt wurde. Doch auch an der Erdoberfläche spielt das flüssige Element eine das Leben der Thiere und Pflanzen, die örtliche Wärmevertheilung und die Formation der planetarischen Krustenhülle betreffende wichtige Rolle. — Der Vegetation nützt das Wasser erst etwas zu ihrer Ernährung, wenn es zum Schooss der Erde zurückgekehrt, denn den Blättern ist die directe Absorption von Feuchtigkeit aus der Luft seit Unger's Forschungen positiv abzusprechen. Im Boden verbreitet sich das Wasser entweder bloss in vertikaler Richtung, poröse Schichten abwechselnd durchfeuchtend, oder es rinnt zu grösseren, theils sumpfartig versteckten, theils in Seen offenen Ansammlungen zusammen oder es fliesst in Bächen und Strömen dem Meere zu. Danach gestaltet sich seine Beziehung zur Pflanzenernährung höchst verschiedenartig. Nur wenige Gewächse vertragen es im Ueberfluss, denn das Meer besitzt zwar ungeheure Massen, aber nur niedere Formen des Tanges und Seegrases ohne alle Dicotyledonen, und im Süsswasser gedeihen bloss ein paar Arten, wie Brunnenkresse oder Wasserknöterich gleich gut wie in mittelfeuchtem Lande, welches nach besonderen secundären Eigenschaften bald diese, bald jene Flora begünstigt, so dass ausser der Baum-, Gräser-, Zier- und Nutz-Pflanzen-Cultur der Wälder, Felder und Gärten unterschieden werden kann die Vegetation der Seeküsten und Salinen-Regionen (glaux maritima, aster trifolium), der Sümpfe (Pfeilkraut, Froschlöffel) und Moore (Riedgräser), der Teiche (Nymphäen) und Flussufer (Weiden, Erlen). — Wie alle Naturprocesse nach Ablauf und Bedeutung als umkehrbar erscheinen, so wird die Unentbehrlichkeit des die Erdoberfläche über- und durchflutenden Wassers für die Pflanzen ergänzt durch die Dienste, welche diese für die desfallsige Vertheilung der Flüssigkeit leisten, und von denen, nachdem Anderweitiges, zumal specifisch Meteorologisches, schon da und dort gelegentlich beigebracht wurde, hier bloss hervorgehoben werden soll, dass der rasche Abfluss meteorischer Gewässer auf trocknem nacktem steilem Boden nicht nur nicht nützliche sondern gefährliche Wildbäche veranlassend, von zusammenhängender Vegetation, namentlich des Waldes gehindert und hiemit die Ausdauer der Quellen und der Wasserreichthum der Flüsse gesichert wird, welcher einerseits eine Bedingung ganz darauf angewiesener oder im periodischen Bedürfniss den Flüssigkeitsvorräthen nachziehender Thierformen bildet, anderseits die vom Klima wesentlich abhängige Benützbarkeit von Verkehrswegen bedingt.

§. 479. Bodengestaltung und Regenverhältnisse eines Landes bedingen die Entstehung und Versorgung der Wasseradern, welche als Bäche, Flüsse und Ströme in ihrer ebensogut das Klima, als die Cultur betreffenden Bedeutung so früh von den

Menschen erkannt wurden, dass deren wichtigste Ansiedelungen mit Vorliebe an ihren Ufern entstanden. Im Besondern erweist sich die Beziehung des strömenden Gewässers zu den natürlichen, von der Civilisation modificirten Bedingungen des organischen Lebens verschieden mächtig nach der Ausdehnung der zu einem bestimmten System der Wasservertheilung zusammentretenden Territorien, nach der Masse der auf diesen gewährten und verbreiteten Flüssigkeit, nach der Vielfältigkeit und mannigfachen Gliederung der Stromgebiete, und nach den friedlicheren oder gewaltsameren Einwirkungen ihres beweglichen Materiales auf den nächst liegenden festen Boden.

Während in beiden ersteren Punkten Amerika und Asien die riesenhaftesten Verhältnisse darbietet, so dass das dem Amazonenstrom Tributpflichtige Gebiet Deutschlands Flächenraum fast zehnfach übertrifft, die in jeder Minute zu 22440000 Kubikfuss oder 1402500000 Pfd. berechnete Wassermasse des Niagara-Falles in der mechanischen Leistungsfähigkeit die vor ungefähr dreissig Jahren auf 233000 Pferdekräfte veranschlagte Thätigkeit der gesammten englischen Industrie mindestens vierzigmal repräsentirt und noch zur Stunde auch bei günstigster Veranschlagung aller technischen Fortschritte und Geschäftserweiterungen hinter der „Arbeit" des Erdballes nicht gar weit zurückbleibt, der Jantsekiang aber ein Territorium von 54000 Quadratmeilen beherrscht, steht Europa in dieser Hinsicht weit nach, indem der letztere dem grössten seiner Ströme, der Wolga, bewilligte Werth nicht ganz die Hälfte jener Zahl erreicht, die 380 Meilen lange Donau, und der 150 Ml. lange Rhein aber beziehentlich 14600 und 4000 Qu. Mln. einnehmen. Dagegen erfreut sich unser Erdtheil einer grossen Anzahl, vortheilhaften Richtung und reichhaltigen Unterabtheilung der Flüsse und verdankt dieser Anlage wie der in unzähligen Einschnitten und Vorsprüngen gegliederten Küste ein angenehmes Klima, einen leichten Austausch localer Eigenthümlichkeiten, eine vielfache Anknüpfung äusserer Beziehungen, welche unter den Bedingungen des civilisatorischen Vorsprunges ebenso schwer wiegen, als die ohnedem auf natürlichen Grundlagen ruhenden Gaben des Körpers und Geistes. —

Der dritte obenerwähnte Punkt einer Wechselwirkung des flüssigen und festen Elementes bietet uns zuvörderst eine interessante Seite dar bezüglich des Zusammenhanges der meteorischen Niederschläge und der Bodenbeschaffenheit, welche locker und flach das Eindringen und anscheinend spurlose Verschwinden des Wassers, felsig und steil dessen raschen und starken Abfluss begünstigt; danach muss der Antheil des nachweislich in den Flussbetten abgeführten Regen- und Schneewassers sehr verschieden ausfallen, wie denn der Rhein 49.8, die Weser 52.9, die Lippe 71.6 prc. des ihrem Stromgebiet aus der Atmosphäre zufallenden Wassers ab-

leitet (Berghaus), während Dalton den Wassergehalt sämmtlicher britannischer Flüsse wohl zu niedrig auf 39.8 prc. der diesem Lande eigenthümlichen Regenmenge angibt. — In zweiter Linie käme das Gefäll des Stromes in Betracht, indem davon sowohl der Angriff auf unter- und neben-liegendes Erdreich, als die mehr oder weniger ausgedehnte Benützbarkeit zur Schifffahrt abhängt. In der Regel ist hiebei Ober-, Mittel- und Unter-Lauf zu unterscheiden; dort pflegt das Gefäll am stärksten zu sein, oft in solchem Grade, dass Stromschnellen oder sprungweise Abstürze entstehen, und die zerstäubte zerrissene Flüssigkeit ihren bei einer 1′ Höhe auf 14′ Länge überschreitenden Bahnneigung kaum mehr möglichen Zusammenhang aufgibt; der Mittellauf in den Uebergangs-Regionen des meist die Geburtstätte bildenden Hochgebirges ins Flachland lässt sich ebenso wenig nach Oben als Unten scharf abgrenzen, überhaupt bloss in einem mittleren Grade der Neigung und Strömungs-Geschwindigkeit charakterisiren; ein lang gestreckter Unterlauf der Flüsse, auf welchem das Gefäll zuweilen nur 1′ auf 20000—40000′ Linearausdehnung ausmacht, begünstigt die bei der Neigung von 1′ auf 1000′ bereits sehr erschwerte Befahrung; beim Rhein bloss 2/3, auf der Donau 9/10 des Laufes umfassend. — Drittens erscheint die Periodicität der fliessenden Wassermasse von eminenter Wichtigkeit für Klima und Cultur; dieselbe ist zum Theil eine reguläre, mit bestimmten jahreszeitlichen Ereignissen verbundene, doch unverbrüchlich eben nur da, wo letztere keinen oder unbedeutenden Schwankungen unterliegen. In diesem Falle befinden sich streng genommen nur die Flüsse der wärmeren Zone, unter welchen der Nil eine solche Berühmtheit erlangte, dass der Hinweis auf die den Lebensnerv der egyptischen Cultur bildende Befruchtung der Uferstriche mit den geschmolzenen Schnee-Massen Abessyniens und dem aufgewühlten Schlamm seines Bettes genügt. Auch unsere Flüsse zeigen zwar zu bestimmten Terminen, namentlich an der Grenze des Winters und Frühlings, eine besondere Neigung, aus den Ufern zu treten, aber letztere ist mit dem meteorischen Charakter des Jahrganges selbst schon zwischen ziemlich weiten Grenzen verschiebbar, und dann können auch mitten im Winter also zu sehr verfrühter Zeit durch einen plötzlichen Witterungs-Umschlag, wie ihn beispielsweise die erste Woche des Januar 1875 erfuhr, Schneemassen so rasch abschmelzen, dass Anschwellungen der Bäche und Flüsse entstehen, welche als kurze, doch oft desto schrecklichere Folgen unmässiger Gewitterregen (Immenstadt) auch den sonst den betreffenden Ereignissen weniger günstigen Sommern nicht erspart bleiben. — Eine ausführliche Behandlung des hier angeregten Themas findet man in einem von Wittwer in Regensburg 1865 veröffentlichten Programm, in welchem unter Andern daraut aufmerksam gemacht wird, dass ein jetzt mehr als sonst dem Oberlauf der Flüsse

zugewandter Schutz gegen Austritt seiner Fluten den seinen Unterlauf umgebenden Gegenden oft nachtheilig ist, weil das beisammengehaltene Wasser desto schneller und tiefer hier Zerstörungen anrichtet, dass demnach die der Landwirthschaft und indirect den klimatischen Verhältnissen zu gut kommende Gewinnung von Culturland mittels Flusscorrectionen den gleichnamigen Eigenschaften entfernterer Regionen zuweilen ebensoviel schaden kann. Ausserdem ist die Beziehung der in den Flusslauf eingeschobenen Seen zu den Ueberschwemmungen beachtenswerth, indem in jenen das von den Strömungen mitgeschleppte Geröll sich absetzt also dem weiter unten von Beflutung bedrohten Culturland erspart bleibt, und die letztere selbst glimpflicher gemacht wird durch die Ausbreitung des steigenden Wassers in dem ein Reservebassin bildenden Becken. — Der unter günstigen Umständen weniger zerstörende als der Vegetation förderliche Einfluss der Ueberflutung musste endlich, als viertes Object unsrer gegenwärtigen Betrachtung, an eine künstliche Benützung der da und dort auf zu seltenen Strecken das Land durcheilenden Flüssigkeit denken lassen, welche in Schöpfwerken heraufzubringen, über benachbarte Flächen auszugiessen, oder zu entfernteren in Gräben und unterirdischen Röhren zu leiten, den ältesten Bebauern wichtig genug erschien, um Einrichtungen dafür zu treffen, deren primitive Form, abgesehen von einzelnen, die Kräfte der modernen Technik beiziehenden Unternehmungen, im Grossen und Ganzen um so weniger namhaft überschritten wurde, als neben der auf wenige Striche Südeuropas beschränkten Reiscultur gerade dieser Hauptsitz civilisatorischer Nationen blos für seine Wiesen das fragliche Verfahren ins Auge zu fassen pflegt, während gegentheils sowohl im Interesse der meisten Pflanzen, als aus hygienischen Gründen eher eine Trockenlegung des Bodens angezeigt ist, welche in tieferen Mulden durch vertikale Eröffnung unterer Klüfte mittels Bohrlöchern am schnellsten zum Ziel kommt, sonst aber in gemauerten Kanälen, mit Rollsteinen gefüllten Gräben, oder Röhren das irgendwo zu reichlich angehäufte Wasser durch dessen Gravitation zu tiefer gelegenen Flüssen und Seen leitet.

§. 480. Auch im Meere vereinigt erfüllt das Wasser noch hohe klimatische Aufgaben. Die Bewegungen der See in trotz unendlicher Vielfachheit des einzelnen Verlaufes doch nur dreifach verschiedener Form: der von kosmischen Anziehungsdifferenzen geregelten Gezeiten, des vom Winde erregten Wellenschlages und der regelmässigen Strömungen thermischen Ursprunges betheiligen sich alle, wiewohl mit verschiedener Bedeutsamkeit am meteorischen Localcharakter und seinen Folgen. Ebbe und Flut kommt am wenigsten in Betracht; doch wird dadurch der Boden des Luftkreises in

stellenweise nicht unbeträchtlicher Ausdehnung vertikal verschoben, weite Grenzgebiete des flüssigen und festen Elementes werden abwechselnd der Durchleuchtung und Verdunstung überantwortet, auf den Polarmeeren arbeitet die obwohl auf eine Steighöhe von 1—5 dm. beschränkte Flut an der Zertrümmerung und Wegschaffung des Eises also an localer Befreiung aus den Fesseln der Kälte mit, an grossen Flüssen staut sie stromaufwärts brandend die Strömung, und an eingeengten Küsten, Meerstrassen oder Buchten von der in einflussreichster Weise geeinigten Einwirkung von Sonne und Mond, wie von gleichzeitig landeinwärts treibenden Winden zur Spring- und Sturmflut gesteigert zählt sie zu den furchtbarsten meteorischen Ereignissen, mit denen die Natur den machtlosen Menschen schreckt. —

Der Wellenschlag des Meeres unter den Stössen der Windes hängt einerseits von der Kraft und Einwirkungsdauer dieses, anderseits von der bewegten Wassermasse ab, erreicht daher, weil letztere immer auch gegenüber den heftigsten Anregungen eine ganz ungeheure ist, zwar an den mit eindämmenden und reflektirenden Hindernissen ausgestatteten Gestaden eine Höhe von 20—30 m., ist aber auf offener See so beschränkt, dass die Woge des ärgsten Sturmes höchstens zu 10 m. emporsteigt, dabei im Verhältniss von 1 zu 20, bis 1 : 50, also sehr wenig steil abfällt, jedoch in eine Tiefe bis ungefähr 170 m. die allerdings schon in viel geringerer Versenkung unter die Oberfläche wenig mehr merklichen Einwirkungen erstreckt, und bei ungestörter Verbreitung eine möglicher Weise die Luftströmung dreifach übertreffende Schnelligkeit annimmt. Hiedurch wie wegen der Grösse der in Bewegung befindlichen Massen ist eine secundäre Störung des atmosphärischen Gleichgewichtes in dem Sinne, dass gewissermassen der Sturm sich selber unterhält oder die primär von der Luft ausgegangenen Stösse reproducirt und die jedesmal tief ins Land hinein fühlbare Nachwirkung grosser Orkane erklärlich. —

Was endlich die in dritter Reihe genannten thermischen Meerströmungen anlangt, so ist vermuthlich nur der kleinste Theil derselben bekannt, weil viele davon so tief ziehen, dass sie entweder des Nachweises sich gänzlich entschlagen oder ihr Dasein bloss in gelegentlichen Zeichen verrathen, wie in der Davisstrasse trotz eines oberflächlichen kalten gen Süden ziehenden Stromes nordwärts schwimmende Eisberge auf eine mindestens 200 m. tiefere Unterströmung hindeuten. Von den erforschten Thermalströmen der Oceane ist die als Golfstrom bezeichnete Bewegung die wichtigste. Wo an den afrikanischen Westküsten der NE Passat regelmässig bemerkt wird, beginnt ein ansehnlicher Theil des Meerwassers von NNE nach SSW zu fliessen, wendet sich dann westlich, darauf nördlich, einen Zweig nach S in den mexikanischen Golf abgebend, und fliesst endlich in nordöstlicher Richtung längs den Küsten Europas hinauf. Ursprünglich wohl

vom Passat getrieben gelangt dies Wasser in die günstigste Situation einer intensiven Erwärmung, deren Erfolg ihm selbst der Winter der Nordländer nur insoweit verkümmert, dass seine letzten merklichen Ausläufer ein wenig nach Süden verdrängt werden; diese tragen noch in jener ungünstigsten Jahreszeit an die Newfundlandbänke eine das ruhige Meerwasser um 10—15° C übersteigende Temperatur, welche tiefer südlich weit höher den Küsten Europa's eine in der Milde seines ganzen Klimas zum wohlthätigen Ausdruck gelangende Erwärmung verleiht, der Ostküste Amerika's aber nicht zu gut kommt, weil von ihnen die Golfströmung durch einen schmalen aber sehr kalten, deshalb auf die Meteoration des Landes entgegengesetzt wirkenden polaren, noch bis zum 41. Parallelgrad Eis treibenden Strom abgedrängt wird, dessen Entstehung nach dem Schema des Aspirationspassates vor sich geht.

Von andren regulären Meeresströmungen sind bemerkenswerth der Humboldtstrom, abgezweigt an der Südspitze Amerika's von einer, die vom südlichen stillen Ocean den SPol zufliessenden warmen Fluten ersetzenden, arktischen Strömung, an den Gestaden Peru's eine angenehme Abkühlung bewerkstelligend, weil er um etwa 12° C kälter ist, als das durchschnittlich 28° C warme Meer. Unter gleicher Breite sind die brasilianischen Küstenstriche unter Mitwirkung eines südlichen Abkömmlings des atlantichen Aequatorialstromes zu versengender Hitze verurtheilt. —

An der westlichsten Ausbeugung des südamerikanischen Littorales gehen die Hauptmassen des Humboldtstromes direct gen W, um im Material der Aequatorialströmung zu verschwinden, während ein kleiner Zweig in den Golf von Panama einbiegt. — Die mit ihm oben in thermale Wechselwirkung gestellte Südseeströmung geht zur afrikanischen Ostküste, zwischen dem Festland und Madagaskar als Mozambiquestrom durch und wird durch Stauung an einer beim Cap der guten Hoffnung gelegenen Bank ostwärts abgelenkt. — Eine Fortsetzung der Südseeäquatorialströmung ist im stillen Ocean den Japanesen unter dem Namen: Kuro-Siwo bekannt und erwünscht, weil sie, zuerst zwischen Formosa und den Philippinen bemerkt, die Ostküste ihres Landes bis zur Sangarstrasse bespült und, um 5—10° C wärmer als die benachbarte Flut, jener einen milden klimatischen Charakter verleiht, welcher zumal auf Nipon um so fühlbarer hervortritt, als die Westküste dieser Insel von einem später ins chinesische Meer abfliessenden Polarstrom rauh und unwirthlich erhalten wird. Von zwei jenseit Japans vom Kuro-Siwo auslaufenden Zweigen geht der eine ostwärts zu den amerikanischen Küsten, und läuft an diesen gen S bis zur Verbindung mit der Hauptäquatorialströmung; der andre dringt, den baumlosen Aleuten werthvolles Treibholz zuführend, nördlich bis in die Behringstrasse. —

Die Bab-el-Mandebströmung zwischen dem stark abdunstenden wenig Zufuhr erhaltenden rothen Meer und dem indischen Ocean, wie die Gibraltarströmung, welche das durch starke Verdampfung ohne entsprechenden Ersatz durch Regen und Flüsse sowohl verminderte als im Salzgehalt concentrirte Wasser des Mittelmeerbeckens als schweren Tiefstrom auswärts treibt, während oberflächlich leichtere Flüssigkeit vom atlantischen Ocean zum Ausgleich hereinströmt, haben für klimatische Fragen keine hervorragende Bedeutung.

D. Elektricität der Erde.

a. Elektrische Ströme in der Erdrinde und deren magnetische Ladung.

§. 481. Da elektrische Kräfte durch chemische und thermale Gegensätze, ja vermuthlich bei allen molekular-mechanischen Differenzen in Freiheit gesetzt werden, ist an und in der Erde Anlass zur Entbindung von Elektricität oder vielmehr zu Umwandlungen ihrer Spannungs- und Entladungsformen reichlich und vielfach vorhanden, theils in einem vom Sonnenlauf vornehmlich bestimmten periodischen Wechsel, theils in mehr eruptiver Erscheinung. Beidemal kommt es, solang wir die Atmosphäre von der Betrachtung ausschliessen, in der Erdkruste selbst zu Phänomenen, welche einerseits wenig erforscht, anderseits mit bekannteren Thatsachen nur vorsichtig in ein mehr als verwandtschaftliches Verhältniss erhebbar, die Grenze der Meteorologie überschreiten, und deshalb bloss kurz berührt werden, weil sie doch auch mit unbestreitbaren meteorischen Ereignissen des Luftkreises in Zusammenhang stehen, und überdies von Zeit zu Zeit in eine epidemiologische Erwägung gezogen werden, deren Haltlosigkeit nicht besser, als durch die Angabe des Sachverhaltes erweislich ist.

Durch Versenkung metallener Platten ins feuchte Erdreich und Verbindung der Leitungsdrähte mit dem Galvanometer gelang Lamont die Constatirung elektrischer Ströme im Boden, deren Richtung zwar im Einzelnen weder überall übereinstimmt, noch von gegebenen geognostischen Formationen, von Vertheilung und Bewegung der Grundfeuchtigkeit, oder von örtlichen Erwärmungsverhältnissen so sicher abgeleitet werden kann, dass die ohnedem geringfügigen Modificationen ihres Verlaufes auf ätiologische Eigenthümlichkeiten jener an sich wichtigen hygienischen Bedingungen schliessen lassen, die aber insoweit ungezwungen combinirbar sind, dass ein im Ganzen von Ost nach West gerichteter Erdstrom resultirt, von welchem wir nur unvergleichlich schwache, von localen Leitungsverhältnissen modificirte Abzweigungen prüfen können. Werden diese ein-

mal reichlich genug verfolgt sein, so dürfte eine Vereinbarung zwischen theoretischen Ansichten möglich sein, deren gemeinsames Ziel ist, den Erdmagnetismus mit der Elektricität in eine Beziehung zu bringen, welche nicht nothwendig in gleichem Sinne bestehen muss, wie Ampère die magnetischen Eigenschaften des Eisens und Stahles von regelmässigen, an den Südpolen mit den Zeigern einer das Zifferblatt nach derselben Seite wendenden Uhr gleichlaufenden Molekularströmen herleitet, deren hypothetischer Repräsentant am magnetischen Erdball in der That zur Erregung des erfahrungsgemässen Magnetismus unsrer Halbkugel im Aequator dem scheinbaren täglichen Sonnenlauf folgen müsste, um am Nordpol im Sinne der Uhrzeiger kreisend ihn zur Anziehung der entgegengesetzt qualificirten Enden künstlicher Magnete zu befähigen, — sondern auch im Geiste Lamont's einen kosmischen Charakter tragen kann, indem die ungeheure elektrische Ladung der Sonne auf diejenige der Erde vertheilend wirke, an ihren jener zu- und abgewandten Seiten ungleichnamige und gleichartige Elektricität hervorrufend, deren gewaltig undulirende Gegeneinanderströmung zur terrestrischen Verbreitung der Elektricität, wie zu den Variationen der Magnetnadel Veranlassung geben könne.

§. 482. Unbeschadet jeglicher theoretischen Entscheidung sind die erdmagnetischen Erscheinungen von der wissenschaftlichen Erfahrung zu einem Gesammtbild abgerundet worden, von welchem hier die Hervorhebung der Hauptzüge unter der wiederholten Erklärung genügt, dass zur Zeit kein exakter Beweis für irgend einen Zusammenhang desselben mit Gesundheit oder Krankheit vorliegt. — Eine auf feiner Spitze in horizontaler Ebene drehbare Magnetnadel stellt sich zwischen NNW und SSE ein, um 16° 32′ (Berlin 1845) vom astronomischen Meridian abweichend, in dieser Declination jedoch keineswegs beharrend, sondern theils unregelmässig schwankend, theils regulär zwischen so weiten Grenzen und in so langen Zeiträumen hin und hergehend, dass dieselbe vor 1663 östlich war, in diesem Jahre wenigstens für Paris durch Null ging, seitdem westlich blieb, 1814 die diesseitige grösste Amplitude von 22° 34′ erreichte, und durchschnittlich im Jahr um 6.5′ variirt. Ist die Nadel zugleich in vertikaler Ebene beweglich, so senkt sich bei uns ihre nördliche Hälfte gegen die Erde, so dass die Längsrichtung jener mit der durch ihren Schwerpunkt gehenden Horizontalen einen Winkel von 67° 35′ (Berlin 1845) bildet, der ebenfalls variabel ist doch in Deutschland bloss um jährlich 2.3′. — Wo die Declination der Nadel verschwindet, verläuft eine Scheidelinie magnetischer Vertheilung, welche von höchst unregelmässigem, im Einzelnen wenig sicher gestelltem Gang den

atlantischen Ocean, Europa und Africa ins Gebiet der westlichen Abweichung, die andren Meere, Amerika, Australien und Asien mit Ausschluss einer von einer Nullkurve umschlossenen, der Westdeclination anheimfallenden Oase des letzten Erdtheiles, in das der östlichen verweist. Die senkrechte Stellung der Nadel gibt die Lage der magnetischen Pole an, deren (vielleicht paarweise vorhandene) nördlicher die geographische Breite + 74° und die Länge 282° östlich von Ferro, der südliche die Breite — 76°, die östliche Länge 178° hat (beidemal wohl in der Breite um 3 – 4° unsicher). Die Verbindungskurve der Orte mit verschwindender Inclination stellt den magnetischen Aequator dar, welcher unter mehrfachen Biegungen in Afrika bis ungefähr 16° nördlicher Breite hinauf, in Amerika bis etwa 18° südlicher Breite herabgeht. — Das in der Bedeutung an sich verständliche nicht constant liegende System der Isogonen und Isoklinen wird ergänzt durch die isodynamischen Kurven, welche Punkte von gleicher magnetischer Intensität verbinden, deren Bestimmung geschieht mittels Beobachtung der durch einen Magnetstab bekannter Kraft und Entfernung bewirkten Aenderung der Declination, wie der vom Ablenkstäbchen unter erdmagnetischem Einfluss ausgeführten Schwingungen, und von welcher hier nur gesagt zu werden braucht, dass wenn ihr dicht bei St. Helena gefundenes minimum mit 1 bezeichnet wird, ihr Werth am nordamerikanischen Magnetpol 2.179 beträgt, während auf der Südhemisphäre maxima von 2.597 (total) erreicht werden — (Berlin, 1845; 1.78 horizontal 1.367 total). — Neben der säcularen Periode der Magnetvariationen läuft eine Reihe täglicher Schwankungen, welche zwischen einem östlichen Extrem um 8 Uhr Morgens und einem westlichen bei 1 oder 2 Uhr Nachmittag mit einer mittleren Amplitude von 5′ (December) — 13.9′ (April) einhergehen. Die Wendepunkte der Inclination liegen bei 10 Uhr früh (max.) und 10 Uhr Abend (min.), ebendaselbst doch mit entgegengesetzter Anordnung der Extreme diejenigen der horizontalen Intensität. — Weit beträchtlicher (bis 20.1′) sind die irregulären Störungen der am Gauss'schen Magnetometer nie absolut ruhig befundenen Nadel in Folge von Einflüssen, welche theils ganz unbekannt sind, theils zwar offen daliegen, aber im betreffenden innerlichen Causalverband keineswegs völlig klar erscheinen. Wahrscheinlich ist indess, dass, wenn die lebhaftesten Bebungen der Nadel beim fernen Aufleuchten des Polarlichtes wie unter den, mechanisch längst abgeschwächten, Stössen entlegener Erdbeben ihre Abhängigkeit von grossen tellurischen Processen an der Oberfläche wie im Innern verrathen, welche nebst den Cyklonen der Atmosphäre mit der Periodicität der Sonnenflecken in Connex gebracht werden, eine gemeinsame kosmische Ursache Vorgänge von äusserst verschiedenartiger Form und Vertheilung beherrscht.

b. Die Luftelektricität.

§. 483. Die Aehnlichkeit des electrischen Funkens mit dem Blitze ist so gross, dass ein desfallsiger Vergleich sehr nah lag, vor Franklin aber kaum ernstlich in Erwägung kam, von da ab dafür desto emsiger ausgeführt und in den Erfolgen sicher gestellt wurde. Von hochaufgerichteten Metallspitzen leiten Drahtseile die aus der Luft gesaugte Elektricität durch die Wand zu einem isolirten Conductor, der elektroskopische Vorrichtungen tragen kann. Sind alle Metalltheile des Nachweisungsapparates wohl isolirt, so wirkt die Elektricität der über den Saugspitzen schwebenden Luft vertheilend, so dass die ihr ungleichnamige aus jenen zur Neutralisirung ihr entgegenströmt, während die gleichsinnige in Freiheit gesetzt an divergirenden Strohhalmen oder der abgelenkten Drehwagenadel zur Wirksamkeit kommt. Andre Beobachter stellen eine isolirte Kugel an einen hochgelegenen Ort, mit dessen Boden sie für einige Zeit in leitende Verbindung gebracht wird, bis man annehmen darf, dass die gleichnamige Elektricität der Atmosphäre in die Erde zurückgetrieben, die ungleichartige aber in der Metallkugel zu einer Dichte gesammelt worden ist, welche nach wieder hergestellter Isolirung den elektrometrischen Nachweis gestattet. — Die wichtigsten Beobachtungsresultate sind, dass der elektrische Zustand der Luft mit der Höhe des geprüften Punktes wächst oder doch an demselben am stärksten befunden wird, wenn keine erhabeneren Gegenstände um ihn herum emporragen, dass die Luftelektricität gewöhnlich als positiv (nach der ersten Methode, bei der zweiten: negativ) sich erweist, jedenfalls bei heitrem Himmel, doch auch, und zwar oft mit der Dichte ansteigend, bei Nebel, dass alle wässerigen oder festen Niederschläge wenigstens anfangs von vermehrter, ungefähr gleich oft der positiven wie der negativen Art sich zuwendender, Elektricitätsentwicklung begleitet sind, dass aber unter anhaltendem Regen, vermuthlich wegen zwar dünner und schlecht functionirender, dafür aber zahlloser Leitungsbahnen, die Ladung oft bis zum gänzlichen Verschwinden zurückgeht; das Regenwasser selbst zeigt sich indess meist hoch elektrisirt, zumal im Sommer, in welcher Jahres zeit seine derartige Beschaffenheit fast zehnmal kräftiger erscheint, als im Winter. Die Periodicität der atmosphärischen Elektricität ist zwar vielfältigen Unregelmässigkeiten unterworfen, welche theils völlig unberechenbar sind, theils auf Schuld der different qualificirte Luftschichten vermengenden Winde geschoben werden müssen, aber eine gewisse Ordnung ist auch hierin so ausgeprägt, dass die zuerst von Schübler 1811 gemachten Angaben keine nennenswerthen Modificationen erfuhren; danach hebt die bei Sonnenaufgang sehr schwach in der Luft vertretene Elektricität sich ziemlich gleichmässig mit dem Tagesgestirn und erreicht in einer vom Sommer gegen den Winter hin

von 6 oder 7 bis 11 Uhr sich verschiebenden Morgenstunde ein maximum, das nur kurz beibehalten ungefähr in gleichem Masse mit der Aufsaugung der vorher ausgeschiedenen Dünste in eine Abschwächung übergeht, deren tiefster Stand etliche Stunden vor Sonnenuntergang eintritt; dann gegen Tagesende wieder rasch steigend langt sie je nach der Jahreszeit zwischen 6 und 10 Uhr Abend bei einem zweiten maximum an. Die jährliche Variation der Luftelektricität, deren grösste und kleinste Extreme in den Winter (24.4) und Sommer (oder Frühling 7.8) fallen, zeigt deutlich deren Beziehung zur relativen Luftfeuchtigkeit, wie denn in diesem Sinne auch die während der zweiten Jahreszeit erkenntliche stärkere elektrische Ladung der oberen kühleren und feuchteren Luftschichten gegenüber den untersten warmen trocknen Lagen sich erklärt. — Die der letzteren Thatsache nahliegende Vermuthung, dass die Umänderungen des Aggregatzustandes vom Wasser zur Erzeugung der Luftelektricität in Anspruch genommen werden dürften, fand sich ebenso wenig bestätigt, als Pouillet's Annahme der Vegetation als elektrische Quelle, und da auch die Entmischungen an der Erdoberfläche, besonders die Verbrennungsprocesse, trotz der von Hankel nachgewiesenen Elektricität der Flamme (in Art und Spannung nach den zur Ableitung benützten Materialien veränderlich) wenigstens nicht als regelmässige Ausgangspunkte der ihr Vorkommen räumlich und zeitlich weit überschreitenden Elektricität des Luftkreises betrachtet werden können, muss man wohl den meisten Beifall Peltier's, auch von Lamont acceptirter, Theorie schenken, wonach die quantitativ constante, aber verschiedentlich vertheilte negative Elektricität der Erde in den über die Oberfläche ragenden festen Körpern sich anhäuft und vom Dunstgehalt der Atmosphäre theils durch unmittelbare Berührung theils auf isolirten Wolkenformen durch Influenz in Ladung genommen wird, während die trockne Luft an sich weder zur aktiven Erregung noch zur passiven Leitung der Elektricität fähig ist. Diese elektrische Indifferenz der wasserwarmen Atmosphäre, gesteigert namentlich im Innern der mit Luftheizung ausgestatteten Häuser, verwendet Schneider in Emmerich zur Erklärung auffälliger Erscheinungen, von denen Loomis aus New-York berichtet, dass im Winter Thierhaare und Kleider durch die schwächste Reibung stark elektrisch werden, welch letztere beim Ausziehen knistern, selbst Funken geben, dass die auf den Zimmerteppichen hingleitenden Füsse dem Menschen genug elektrische Ladung verschaffen, um mit dem Knöchel der Hand aus Thürklinken Funken zu ziehen und selbst an erwärmten Brennern die kurz zuvor erloschene Gasflamme wieder zu entzünden, dass endlich an Zweigen, Pferdeohren, Lanzenspitzen Flämmchen erscheinen, welche bekanntlich auch bei uns als Zeichen stiller elektrischer Entladungen nicht fehlen und

den Schiffern des Alterthumes als die Wetterprophetischen Dioskuren bekannt waren. — Mehr Interesse gewährt eine von Werner Siemens gegebene Beschreibung starker elektrischer Erscheinungen auf der Cheopspyramide bei Cairo während des Wehens des Chamsin, welche man im 109. Band (1860) von Poggendorff's physikalischen Annalen findet und aus der hier hervorzuheben genügt, dass die Reibung des vom Winde gewirbelten und gejagten Sandstaubes an der Erdfläche zu einer eigenthümlichen elektrischen Vertheilung der Elektricität geführt haben mag, bei der nach Analogie einer Leidener Flasche der erstere den einen die zweite den andren Beleg eines ungeheuren Sammel- oder Verstärkungs-Apparates vorstellte, dessen Spannung auf der gewaltigen Pyramidenspitze am Stanniol einer emporgehaltenen Weinflasche bis zu einem 1 cm. langen, der Nase eines aggressiven Wüstensohnes empfindlichen Funken gesteigert werden konnte.

c. Das Ozon und seine Wirkungen.

§. 484. Eine zwar an einzelnen Punkten für gewöhnlich schwache, doch in enormer Ausdehnung und ohne Unterlass thätige Kraft wie die atmosphärische Elektricität ruft voraussichtlich andauernde Wirkungen im Luftkreis hervor, welche dessen chemische Zusammensetzung oder physikalische Eigenschaften in Graden alteriren können, von denen die schwächeren höchstens in unsicheren nervösen Reactionen, die stärkeren aber in bestimmten, für die Sinne fixirbaren Zeichen sich verrathen. Unter letzteren ist ein flüchtiger Geruch von geringem Werth, selbst wenn er charakteristischer wäre, als die bald an verdampfenden Schwefel, bald an Phosphor, bald an irgend eine Entzündung erinnernde Affection der Nase bei starken Blitzschlägen, deren früheste Beschreibung Mohr bei Homer findet, und zwar sowohl in der Odyssee, wo es vom Schiffe des Helden heisst:
„Dass es getroffen vom Strahle des Zeus rings wirbelnd sich drehte
Ganz voll Schwefelgeruch."
als in der Ilias . . . *δεινὴ δὲ θεείον γίγνεται ὀδμὴ ἐξ αὐτῆς* . . . in welch letzterer Stelle sogar das Wort *ὀδμή* in seiner etymologischen Beziehung *ὄζω* (rieche) an die gegenwärtige Bezeichnung der fraglichen Sauerstoffallotropie anklinge. —

§. 485. Nachdem bei mehrfachen Gelegenheiten dieses merkwürdigen Stoffes und seiner physiologischen Bezüge Erwähnung geschah, erscheint eine wiederholte eingehendere Behandlung des Themas überflüssig. In letzterer Hinsicht verdient erwähnt zu werden, dass schon der verdienstvolle Begründer der Lehre vom Ozon Schönbein seine desfallsige Bedeutung in wohlerwogene Aussicht

nahm, indem er 1857 andeutet, dass vielleicht das Düngungsvermögen stickstoffloser organischer Materien nicht bloss in ihrem Kohlenstoff, sondern mittelbar auch in ihrer Fähigkeit liege, den atmosphärischen Sauerstoff (durch Ozonisirung) zur Oxydation des Stickstoffes zu bestimmen. Die rasche Verweslichkeit der Pilze, in denen eine eigenthümliche Materie durch energische Sauerstoffaufnahme zum Ozonträger wird, das Leuchten zerfallender thierischer und pflanzlicher Leichen, deren Substanzen in einem gewissen Entmischungsstadium ein höheres ozonisirendes Vermögen gewinnen, welches indess „da die Respiration in chemischer Hinsicht wie die Verwesung eine durch den atmosphärischen Sauerstoff bewerkstelligte langsame Verbrennung ist" auch während des Lebens dem Blute nicht fehlt, sind weitere von ihm hiehergezogene Phänomene.

In allgemeiner Hinsicht recapituliren wir in Kürze, dass der Ozongehalt der Luft örtlich und mit der Zeit grossen Schwankungen verfällt, dass die Vegetation nicht direct, wohl aber durch das Mittelglied der Verdunstung und Condensation des Wassers seiner Bildung dient, dass feuchte Winde, zumal südwestliche, und Schneegestöber diese wie die Verbreitung ungemein befördern, dass Orte mit reichlichem organischen Zerfall wie auch mit den gröberen und feineren Spuren menschlicher Thätigkeit es vermindern ja ganz aufzehren. — Aus 20 jährigen zu Klagenfurt gesammelten Monatmitteln bestimmt Prettner den Jahresdurchschnittswerth auf 7.06 der zwischen den Farbentönen 1 — 10 ziemlich unsicher sich bewegenden Ozonometerskala; am weitesten ging in dieser Periode darüber hinaus, nämlich bis 8.8 das Jahr 1865 mit kaltem Frühling, aber warmem trocknem Sommer; am tiefsten darunter blieb 1871 mit 4.9, dessen Mitteltemperatur eine negative Anomalie von 1° C zeigte, während die Luftfeuchtigkeit um 2 prc. zu hoch gewesen war. Innerhalb eines Jahres besitzt durchschnittlich der Februar den höchsten Werth von 8.35, der September den niedrigsten mit 5.90. — Wie wenig solche ohne Zweifel local ganz zutreffende Angaben, namentlich in den Extrem-Terminen, allgemeine Giltigkeit haben, zeigt Prestel's in Emden fast gleichzeitig aus 17-jährigen Notirungen gewonnene Ansicht, „dass die Ozonraction gegen die Zeit des Wintersolstitiums am geringsten ist (4.88 — 4.99), dann von Monat zu Monat wächst, um die Zeit des Frühlingsäquinoctium ihr absolutes maximum (7.16) erreicht, dann wieder abnimmt bis zum absoluten minimum im November oder December", während in Krakau das maximum zwar auch im Frühling, aber überhaupt eine viel kleinere Jahresschwankung beobachtet wird, und meine seit 12 Jahren in Bamberg gemachten Aufzeichnungen die Monatmittel ergeben: Januar: 3.42, Februar 4.00, März 6.32, April 5.57, Mai 3.84, Juni 4.44, Juli 3.70, August 4.60, September 3.48, Oktober 3.84, November 3.08, December 3.25, also

im Jahresdurchschnitt 4.13, wobei in maximo et minimo im März an 23 Tagen die Ozonreaction innerhalb der dunkleren Skalenhälfte eintrat, im Februar und December nur 4 mal. — Neben örtlichen Ursachen differenter Resultate, welche soweit gehen, und so im Kleinen beachtet werden müssen, dass die Exposition der Papierstreifen an einem nördlichen in der Nähe einer Senkgrube befindlichen Fenster um circa 1—3 Farbentöne niedrigere Werthe liefert, als diejenige vor der westlichen, in einen Garten schauenden Seite meines Laboratoriums, betont Prestel mit Recht das Unzureichende der gebräuchlichen Ozonoskope, und empfiehlt zu deren verbesserter Herstellung gleichmässiges, fehlerfreies, ungeglättetes Fliesspapier, von welchem der Bogen 10.9 gr. (vom meinigen, unpräparirt: 8.4) wiegt, während ich noch mehr Gewicht auf die sorgfältige Bereitung des Jodkaliumkleister, gekocht aus 200 Theilen destillirten Wassers, 10 Theilen reiner Stärke und 1 Theil Jodkalium, sowie auf eine recht gleichförmige Imprägnirung der Streifen legen möchte.

§. 486. Schliesslich soll erwähnt werden, dass die künstliche Ozonisirung begrenzter Lufträume, mittels deren Kletzinsky eine erfolgreiche Bekämpfung der Sumpf-Miasmen auf Grund seiner Angabe hoffen lässt, Wasser, dessen Brand-Pilzsporen Fische und Frösche vergiftet hatten, durch Einleitung von Ozon desinficirt zu haben, während in letzterer Hinsicht Lenders Lehre von der Blutreinigung durch den electronegativen Sauerstoff nicht bloss die antiseptisch wirksame Einathmung des Ozon, sondern auch die Bereitung ozonisirter, jedoch nicht sehr haltbarer, Flüssigkeit, selbst Ersatz der Kohlensäuerlinge durch Ozonwasser rathsam erscheinen liess, wollte von Mantegazza durch Vermittlung belichteter ätherischer Oele und aromatischer Tincturen, wie Kölner Wasser, im grösseren Massstab mittels Anpflanzung wohlriechender Blumen, z. B. Reseda ausgeführt werden, geschieht aber, wenn man sich überhaupt von der immer auf eingeschränkte Kreise und Effecte angewiesenen Massregel etwas verspricht, am besten auf electrischem Wege. — Ausser der früher erwähnten Ozon-Entbindung während der Thätigkeit einer Electro-Maschine, welche obwohl reichlich an kleineren Apparaten fast nur dem Experimentator oder seiner nächsten Umgebung zu gut kommt, wurde 1857 von W. Siemens eine Vorrichtung construirt, um den Sauerstoff durch inducirte Ströme zu ozonisiren. „Zwei Röhren aus möglichst dünnem Glase, von denen die eine an einem Ende geschlossen und etwas enger ist, wie die andre, werden so ineinander gesetzt, dass der ringförmige Zwischenraum zwischen beiden Röhren überall gleich dick ist. Beide Röhren werden darauf an einem Ende zusammengeschmolzen und das äussere Rohr mit einem zum ringförmigen Raum

führenden Ansatz versehen. Das andre Ende der äusseren Röhre wird zu einem dünnen Rohre ausgezogen. Es wird hiedurch ein Glasrohr mit hohlen Wänden gebildet, dessen Höhlungen durch zwei möglichst von einander entfernte Ansatzröhren in Verbindung mit der äusseren Luft stehen. Ist nun die äussere und innere Oberfläche der Glasröhre mit einer metallischen Belegung versehen und werden die Drahtenden der secundären Spirale eines kräftigen Inductions-Apparates mit Wagner'schem Hammer mit demselben leitend verbunden, so wird der Zwischenraum zwischen den Glasröhren leuchtend und die in ihm befindliche Luft ozonisirt. Durch Hineinblasen in das eine Ansatzrohr kann man die Luft leicht wechseln und auf diese Weise schnell grosse Mengen ozonisirter Luft erhalten." — Weiters wurde 1871 von Rühmkorff ein Ozon-Erzeugungs-Apparat ausgeführt und beschrieben, welcher aus mehreren in einem Holzkasten übereinandergeschichteten matten Glastafeln besteht, deren beiderseitiger Stanniolbeleg in den Schliessungskreis eines Funkeninductors oder einer Volta'schen Batterie eingeschaltet wird, während mittels zweier auf der Deckplatte stehender Tubulen ein Aspirator einen Strom von Sauerstoff oder trockner Luft durchsaugt. — Eine geringe Modification des den gewöhnlichen Rühmkorff'schen Inductorien beigegebenen Condensators, dessen Stanniolflächen durch Wachstaffet und Holz isolirt sind, leistet mir ähnliche Dienste. —

d. Das Gewitter.

α. Allgemeine Erscheinungen.

§. 487. Die hohe Bedeutung, welche der in der Atmosphäre verbreitete Wasserdunst für die Elektricität der Erde oder der Luft hat, ist sowohl hinsichtlich der Vertheilungs- und Influenzzustände der letzteren hervorgehoben, als in dem Sinne betont worden, dass die Aggregirungsmodificationen des Wassers die Ozonentwicklung begünstigen; auch wurde auf die meist namhafte elektrische Ladung der flüssigen und festen Niederschläge hingewiesen. Diese fehlen so selten bei den im Gewitter gegebenen Zeichen einer grossen elektrischen Störung und gewaltsamen Entladung gesteigerter Spannungen und sind namentlich in der seltenen Form des Hagels so regelmässig von den schwersten derartigen Phänomenen begleitet, dass die Vermuthung eines inneren Zusammenhanges beider Erscheinungsreihen nahe lag und auf ächt wissenschaftlichem Wege Rechtfertigung fand. — Die unmittelbare Entnahme der Elektricität aus Gewitterwolken ge-

lang, nachdem 1708 Wall die knallenden Funken geriebener Harzmassen dem Blitz und Donner verglichen hatte, 1752 Franklin mit seinem berühmten Papierdrachen, nachdem dessen Schnur durch Befeuchtung besser leitsam geworden war und fast gleichzeitig Dalibard an einer unten isolirten 40′ langen Eisenstange; ein fest stehender Sammelapparat letzterer Art oder ein gewöhnlicher, an einer zur Ableitung der Erscheinungen bestimmten Stelle unterbrochener Blitzableiter schleuderte einen tödtenden Funken auf die Stirne Richmann's in Petersburg. — Nach der, die atmosphärische Elektricität als Vertheilungs- oder Rückwirkungsphänomen von Seite der tellurischen Ladung betrachtenden Auffassung können wir die Gewitterwolken als ungeheure relativ isolirte Conductoren betrachten, an deren Flächen Elektricität angehäuft und zu derjenigen der festen Erde in eine gewisse Beziehung gebracht ist. Stellt die Wolke tief in von Feuchtigkeit gesättigter Luft schwebend mit dieser ein continuum von Wasserdunst dar, so besteht innerhalb des Rayons desselben keine nachweisliche elektrische Spannung, welche sich vielmehr an der oberen Wolkengrenze gesammelt hat. Ist dagegen die Wolke, wie oben vorausgesetzt, über verhältnissmässig trockner Luft isolirt, so wird die Art ihrer elektrischen Relationen zum Boden von der Qualität ihrer Ladung bestimmt; ist diese negativ, so kommt es gewöhnlich zu keiner merklichen Erscheinung, indem bloss in Folge der gleichnamigen Abstossung die tellurische Elektricität eine entsprechende Schwächung erfährt; nur wenn die Wolkenladung sehr stark ist, tritt an Stelle der zurückgetriebenen negativen Elektricität positive, deren Gegensatz zur provocirenden Kraft sich langsam oder rasch im Gewitter ausgleicht; letzteres geschieht am leichtesten und intensivsten, wenn eine elektropositive Wolke die an sich schon vorhandene negative Erdladung bloss zu verstärken oder zur einseitigen Anhäufung zu bringen braucht. Es scheint, dass Solches, die Momente gewaltsamen Durchbruches veranlassend, nicht auf Einmal über das ganze von der Wolke beherrschte Gebiet hin, sondern in wechselnden Einflüssen hervorgerufen wird, indem Crosse am Saugsammelapparat verbunden mit einer von dessen Conductor aus ladbaren Batterie gürtelförmige Anordnungen entgegengesetzter Elektricitäten auf Gewitterwolken constatirte, deren Ladung gegen die Ränder ihre im Centrum maximale Intensität allmälig verliert. — Bei der verhältnissmässigen Seltenheit der Gewitter und der ausserordentlichen Häufigkeit der Wolkenbildung oder -Veränderung ist klar, dass die die letzteren ausmachenden oder begleitenden Vorgänge eine besondre Richtung einschlagen oder eine höhere Intensität annehmen müssen, wenn es zur Befreiung wirksamer elektrischer Kräfte kommen soll. Um indess jeden specifischen, sonst überhaupt ganz fehlenden Anlass derselben auszuschliessen, bedarf es nur der Ueberlegung, dass die

vermuthlich mit allen ähnlichen atmosphärischen Processen verbundenen Elektricitätsentwicklungen in den meisten Fällen entweder an sich schwach bleiben, weil langsam und über grosse Räume verbreitet erfolgend, oder an Stellen eintreten, von denen aus keine merklich erregende Einwirkung auf irdische Objecte möglich ist. Danach dürfte die Ausbildung der Gewitter einerseits eine massenhafte tumultuarische Condensation und Durcheinandertreibung der Wasserdünste, anderseits eine dabei so vortheilhaft eintretende Lagerung der elektrischen Zonen voraussetzen, dass die constante Erdladung in einzelnen Punkten und Momenten zur heftigsten Gegenspannung gebracht wird. In der That tragen sich die meisten elektrischen Processe in der Atmosphäre zu unter Umständen einer schnellen mit starken Differenzen der betheiligten Werthe einhergehenden Vermengung von Luftschichten und Dunstmassen, wie im Sommer, der die bedeutensten Abstufungen der Luftwärme kennt, am Tage, während dessen die thermalen Strömungen der Atmosphäre am ausgesprochensten sind, in heisseren Gegenden, wo die zuletzt erwähnten Bedingungen excessiv entwickelt sind, in den tieferen Luftschichten, wo die Wandelungen der Temperatur wie der Feuchtigkeit am leichtesten geschehen, und mit einem eigenthümlichen Wogen der schnell aufgethürmten, an den Rändern zerrissenen oder verwaschenen, in den Hauptmassen aber durch schwarzblaue Farbe ihre Dichte und Dicke verrathenden Wolken. Doch tragen die aufgeführten Modalitäten keineswegs einen ausschliesslichen Charakter; vielmehr kennt auch der Winter Gewitter, und zwar oft sehr heftige (eines mit Hagelschlag wurde hier am 21. Januar 1875 beobachtet, ein andres entzündete vor etwa zehn Jahren den berühmten Lorenzerkirchthurm Nürnberg's), doch fast nur bei jenem veränderlichen stürmischen Witterungscharakter, welchen die S, SW und W Winde in dieser Jahreszeit begründen, während im Sommer auch auf der andren Seite der Windrose der vom SW Passat beeinflusste arktische Strom seltenere Gewitter bringt. Die nächtliche Entstehung von Gewittern soll abgesehen von der empirischen Constatirung um so weniger abgesprochen werden, als bloss die dem aufsteigenden Luftstrom zuzuschreibenden Formen an die Insolation gebunden, die bei Vermischung der Aequatorial- und Polarströmung entstandenen jedoch davon unabhängig sind. Die geographische Breite steht zwar im deutlichen Verhältniss zur Häufigkeit, vielleicht auch Heftigkeit der Gewitter, denn solche gehören innerhalb des Calmengürtels zu den täglichen Ereignissen, und erreichen noch in Hochabyssinien die Durchschnittzahl des Jahres: 410, während der desfallsige Mittelwerth für Rom: 42.4, Brüssel: 16.1, Stuttgart: 20.6, Berlin: 17.3, Stockholm: 9.3, Archangel: 6.5, Bergen: 5.8, Nertschinsk: 3.1 beträgt, aber ein nothwendiger Zusammenhang zwischen hoher Temperatur und elektrischen Stürmen existirt ebensowenig, denn Unterperu kennt

keine Gewitter, als eine absolute, von Arago bei 70° nördl. Br. vermuthete arktische Grenze der Gewitterbildung, denn Maek erlebte noch unter dem 75. Parallelkreis bei der Admiralitätshalbinsel mehrere Juligewitter. Endlich ist die Vertikalhöhe der Gewitter, manchmal wohl bis 200 m. heruntergehend, im Mittel bei 1000 m. liegend, beträchtlicher Variation fähig, denn Bouguer beobachtete solche oft auf dem Pichincha, 4380 m. hoch; es scheint indess, dass von den Gewittern, „welche man in dieser Höhe zahlreich, nah und fern, erlebt," einige zu den Füssen des Beobachters sich zutrugen, weil „die Wolken, von Oben gesehen, immer weiss erschienen." (Aus den in den Anden überhaupt sehr häufig und unter günstigen Umständen erforschten elektrischen Processen zieht Mühry den Schluss, es bestehe beim Gewitter in den Wolken als Wirkung der vom erwärmten Erdboden her in ihnen mittels Leitung angehäuften Elektricität ein mit Erkaltung verbundener Act elektrischer Aufblähung.) —

Hinsichtlich der beiden charakteristischen Theile der Erdoberfläche, welche bei mehrfacher Gelegenheit den medicinischen Klimatologen zu besondrer Betrachtung einladen: Meer und Gebirgsregion ist bemerkenswerth, dass die offene See, weitab vom Continent und ohne Unterbrechung durch Inseln, auffallend arm an, nach Einigen sogar ganz ohne, (?) Gewitter ist, während in den Bergen der aufsteigende Luftstrom des Hochsommers mit oft wiederholter Regelmässigkeit nachmittagige Gewitter veranlasst, eingeleitet vom allseitigen Sturmwehen der, unter einer rasch verdichteten, die Sonnenstrahlen an localer Erwärmung hindernden Wolke herabsinkenden, kalten Luft, und bei fast gänzlich unberührtem Barometerstand in wenigen Stunden bis auf den letzten Nebelstreifen aufgelöst. —

Eine völlig beschränkte Entstehung und Bedeutung haben die Gewitter, welche der bei vulkanischen Ausbrüchen entbundenen, wahrscheinlich auch mit kolossalen Dunstverdichtungen zusammenhängenden Elektricität entstammen. Bei der 1811 die kleine Insel Sabrina unter den Azoren zu kurzem Dasein emporschleudernden Eruption wurden helle Blitze gesehen, und der Vesuv sandte 1794 elektrisches Gewölk mit zündenden Entladungen bis nach Tarent. —

β. Die Wirkungen des Blitzes.

§. 488. Die gewaltsame Ausgleichung der in starker Spannung einander gegenüberstehenden Elektricitäten erfolgt durch eine isolirende oder schlecht leitende Luftschicht hindurch unter kurzer aber blendender Lichtentwicklung und beträchtlicher Temperatur-Erhöhung. Die Ausdehnung der Strecke, über welche hin dies geschehen kann, hängt von der verfügbaren Kraft und der Dichte des Durchbruch-

Mediums so sehr ab, dass nicht nur die Erscheinung an sich, sondern auch ihre Form davon bedingt ist. Während zwischen den Conductoren der Elektrisirmaschine in unsrer gewohnten atmosphärischen Umgebung hellleuchtende Funken überspringen, deren stets ziemlich beschränkte Dimension zwischen einigen Linien und mehreren Fussen variirt, wobei die im Kleinen geradlinige Bahn bei längerem Verlauf Biegungen oder Knickungen und kurze ästige Ausstrahlungen zeigt, geht von schwach geladenen Apparaten eine meist bloss im Dunklen und an spitzigen oder scharfen Partien sichtbare Entladung glimmenden Lichtes aus, welche auch unter kräftigerer Erregung auf weiten, dem Funken nicht mehr überspringbaren, Strecken verdünnten Gases bemerkt wird. Kundt vergleicht in seiner Arbeit über die Spectren der Blitze (1868) die scharfen Zickzackblitze dem gewöhnlichen Funken, die weitverbreiteten aber weniger intensiven Flächenblitze der Büschel- oder Glimm-Entladung. Das spectroskopische Resultat rechtfertigt diese vom äusseren Eindruck ohne Weiteres geforderte Unterscheidung, denn im ersten Falle gibt Blitz wie Funke ein, in nicht immer gleich zahlreichen oder vertheilten, aber scharf begrenzten hellen Linien ausgeprägtes Spectrum, im zweiten ein solches von breiteren an den Rändern allmälig verschwimmenden Farbstreifen oder Banden gebildet; hier wie dort hängt Intensität und besondre Form der Erscheinung, welche auch bei der schwachen Imitation des Experimentes keine absolute Constanz hat, in hohem Masse von der Richtung ab, in welcher das elektrische Licht die Spalte des Spectroskopes trifft, wohl auch von der Qualität der direct die Strahlen aussendenden in Glut versetzten Substanzen. Ohne Zweifel wird insbesondere das lineare Spectrum am schärfsten und reichsten zum Vorschein kommen, wenn, ein freilich höchst unwahrscheinlicher Zufall, die Blitzbahn selber der Beobachtungsspalte parallel laufend unmittelbar ihr Licht in diese sendet. Ich glaube in dieser begünstigten Lage einmal am 23. April vorigen Jahres gewesen zu sein, an welchem Tage zwischen 5 und 6 Uhr Abend ein Gewitter von hier fast unerhörter Stärke über Bamberg sich entlud. Mittels eines Handspectroskopes von 9 cm. Länge und $^1/_4$ mm. weit geöffneter Spalte sah ich 10 mal die Spectralzeichen des Blitzes in seltener Schönheit; in drei Fällen beschränkte sich die Erscheinung auf eine Erhellung und anscheinende Verbreiterung der grünen Spectralzone gegen die blaue hin, womit nur gesagt sein soll, dass die gewöhnlich verschwommene Grenze beider Farben zu Gunsten der momentan kräftiger wirkenden ersten sich zu verschieben schien; zweimal sah ich bloss ein scharf begrenztes Aufleuchten der gelben Natriumlinie und einer schwächeren im Roth. In den fünf andren Fällen kam es zu einer völlig exacten Darstellung ebenso heller als scharfer Linearblitzspectra; unter dem Glanz der feinen Li-

nien verschwand der locale Farbenton, doch ihre Stellung in der Spectralreihe, namentlich die Uebereinstimmung einiger nie fehlender mit den bekannten Stickstoff-, Sauerstoff- und Wasserstoffsignalen, wie mit dem bei 0.0005 mm. Wellenlänge liegenden Doppelstreifen des atmosphärischen Spectrums konnte sicher constatirt, ihre Menge bei der kurzen Existenz freilich nur geschätzt werden. Ich glaube gezählt zu haben stets 2—3 Linien im Roth, je 1 im Orange und Gelb, 3—4 im Grün, zweimal 1 im Violet; die brillanteste Erscheinung aber gab ein mit zündender Wirkung einschlagender, von einem betäubenden Donnerschlag gefolgter Blitz, indem hier zu den erwähnten Lichtstreifen noch eine aus etwa 5 Linien bestehende Gruppe im Blau hinzutrat. Im letzten Augenblick, welcher mir nach dem bald erschallenden Feuerruf noch zur Beobachtung vergönnt war, erblickte ich ein Spectralphänomen, ähnlich der Kundt'schen Beschreibung „schwächerer, etwas breiterer und ziemlich gleichmässig nahe aneinander liegender Banden;" gleichzeitig erscholl ein kurzer Donner und bei momentaner Oeffnung des nicht mit dem Spectroskop beschäftigten linken Auges ward der ganze südliche Himmel in violetem Lichte glänzend gesehen. Nach dem akustischen Zeichen müsste dies entschieden ein Zikzakblitz gewesen sein, die optischen Angaben der Färbung und der Spectralreaction dagegen sprachen für einen Flächenblitz. Vielleicht ist in einzelnen Fällen die letztere Eigenthümlichkeit und ihr Unterschied von Linearspectren bloss davon abhängig, ob die Spalte des Spectroskopes nahezu der Funkenbahn parallel steht oder nach einer das secundäre Blitzlicht reflectirenden Wolke gerichtet ist. — Es ist bemerkenswerth, dass das Spectrum des von Humboldt mehr vergleichend als erklärend ein magnetisches Gewitter genannten Nordlichtes zwar nicht immer, wie zuerst Angström gesehen hatte, aus einer einzigen grüngelben (λ=5567) mit keiner bekannten terrestrischen Spectralreaction übereinstimmenden, dagegen an eine solche des Zodiakallichtes erinnernden hellen Streifen besteht, sondern nach Zöllner noch eine orangerothe Linie und drei breite blaue Bänder zeigt, aber auch im letzteren Falle kein Analogon unter den Spectren verdünnter Gase findet, woraus zu schliessen wäre, dass wenn die Polarlichtentwicklung überhaupt elektrischer Art ist, sie muthmasslich unter ungewöhnlich tiefer Temperatur erfolgt. Nachdem indess Vogel die Reichhaltigkeit der polaren Spectralphänomene so sehr von der Intensität der Nordlichter abhängig fand, dass man günstigen Falles auf eine Ausbreitung und Vergleichbarkeit der hellen Linien rechnen darf, welche sie als eine durch Druck- und Wärmeverhältnisse hervorgebrachte Modification des Luftspectrums erscheinen lassen, und auch sonst auf experimentalem Wege die ungemeine Verschiedenartigkeit der Gasspectren unter differenten Einflüssen besagter Art erkannt ist, darf man mehr als der kosmischen der

telluro-elektrischen Erklärung des Nordlichtes eine Aussicht eröffnen, deren bestimmteste, freilich nicht nach allen Richtungen befriedigende Verwirklichung de la Rive's Theorie gibt, nach welcher die aus dem elektropositiven Meere aufsteigenden Dünste in den höheren Luftregionen eine in diesem Sinne geladene Condensatorplatte darstellen, deren Gegenstück die permanente negative Erdladung bildet; der gegenseitige Einfluss dieser Elektricitäten muss in der Nähe der Pole, wo nach den atmosphärischen Strömungs- und Gleichgewichtverhältnissen die grösste Annäherung stattfindet, am mächtigsten sein, und kann in einzelnen Maximalphasen der Spannung leicht zur glimmenden Entladung führen. — Ob ein ähnliches elektrisches Lichtphänomen verdünnter Gase das Wetterleuchten bildet, ist kaum gänzlich in Abrede zu stellen; in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle liegt laut oft beigebrachten unmittelbaren Nachweises der Widerschein ferner Blitze vor. Jedenfalls müsste bei ersterer nur unter sehr beschränkten Bedingungen zulässiger Hypothese wie hinsichtlich des Polarlichtes eine verhältnissmässig tiefe Temperatur der leuchtenden Gase angenommen werden, wie dies, wenigstens für letzteres den örtlichen Umständen und der experimentalen Nachahmung des muthmasslichen Vorganges in den Geissler'schen Röhren entspricht. Dagegen ist die Bahn des wirklichen Blitzes nicht bloss sichtbar mit Feuer gezeichnet, sondern gleich diesem von glühenden, schmelzenden und zündenden Einwirkungen, welche im Ganzen zu bekannt sind, um mehr anzuführen, als die unter sehr ungewöhnlichen Umständen von mir constatirte Bildung einer Blitzröhre, deren im Besitz des Bamberger physikalischen Kabinetes befindliches Fragment mit natürlicher Grösse in Fig. 31. abgebildet ist, und über welche ich bei der Innsbrucker deutschen Naturforscherversammlung von 1869 wie im 131. Bande von Poggendorff's Annalen der Physik berichtet habe. Hier genügt die Angabe, dass auf der durch Löcher, Rinnen, Brandspuren, Tödtungen und Lähmungen von Menschen und Thieren bezeichneten Bahn eines am 24. Juni 1867 die Fallmeisterei bei Forchheim treffenden Blitzes in der Sandbestreuung eines Stubenbodens angeblich über eine Strecke von 2′ (das meiste wurde vor einer möglichen Exploration zerbrochen und verschleudert) durch ein röhrenförmiges Schmelzungsproduct des hauptsächlich aus Feldspatverwitterung bestehenden Materiales bezeichnet war, dessen angefrittete, theilweis verklebte Quarzkörner an der äusseren Wand sitzen, während die Innenfläche der $^1/_3$—$^3/_4$ mm. dicken Kruste vollkommen glatt und Glas- oder Perlmutter-glänzend erscheint. Ausserdem soll auch in einem durch die Mauer geschlagenen Loch der Mörtel bis zu „sal-

Fig. 31.

petrigem“ Ansehen verglast, und das Bruchstück eines zertrümmerten Spiegels durch stellenweise Schmelzung erblindet sein. —

Das gewöhnliche Begleitungsphänomen des Blitzes, der Donner, welcher jedoch auch bei der ausgeprägtesten Form der ersteren fehlen kann (ich selbst constatirte einen solchen Fall in der Nacht vom 25. auf 26. Juli 1869, und Haidinger in Wien am 22. Juni 1845 ein stundenlang anhaltendes die Hälfte des Firmamentes überziehendes lautloses Gewitter) wird hier nur soweit berührt, dass, während Kanonaden über 10—20 geographische Meilen ganz gut vernommen werden, das maximum der Zwischenzeit von Blitz zu Donner nicht über 73 Sekunden hinausgeht, was nach den bekannten Relationen der Licht- und Schallgeschwindigkeit nur auf einen für die Hörbarkeit des, vermuthlich oft primär in sehr wenig dichten Massen entstehenden und deshalb mit, zu einer ergiebigen Fortpflanzung in den schwereren Luftschichten zu geringfügiger lebendiger Kraft ausgestatteten Phänomenes zulässigen Abstand von höchstens $3^1/_3$ Meilen schliessen lässt. Mit einer einfachen Blitzentladung ist immer ein starker kurz abgebrochener Schlag verbunden, wo aber, wie in der Mehrzahl der Fälle, die Discontinuität der Entladungen, im Kleinen am schönsten zwischen den Holtz'schen Elektroden ersichtlich, nur je nach der Schnelligkeit und Regelmässigkeit der Einzelphänomene zu einem mehr oder weniger imponirenden Gesammteindruck verbunden erscheint, findet Kundt die allerdings auch noch durch secundäre Umstände, worunter die Reflexion stark mitspielt, complicirte Hauptursache des rollenden Donners in der unendlich vielfachen räumlichen Vertheilung der einzelnen, selber wieder in mehrmaliger discreter Folge benützten Entladungspunkte der elektrischen Ausgleichungsbahn. —

Hinsichtlich der lebende Organismen betreffenden Blitzwirkung dürften die Hauptgewährsmänner: Kämtz und Arago zu niedrige Zahlen der desfallsigen Tödtungen angegeben haben, denn nach der zunächst für Frankreich giltigen Statistik Boudin's ist die jährliche Durchschnittzahl der von der Wolkenelektricität direct oder in nächster Folge gefällten Opfer in diesem Lande 200, wogegen die, jedoch bloss unmittelbar vom Blitze Erschlagene registrirenden, Werthe: 22 für England, 9—10 für Schweden, 3 für Belgien stark abfallen. — Besonderheiten der organischen Blitzeffecte bleiben der Journalliteratur überlassen. Wenn die grösste Zahl der gleichzeitig vom Blitze getödteten Menschen auf 9 angegeben wird, während d'Abbadie in Aethiopien Einem Schlage 2000 Schafe erliegen sah, so liegt wohl der Hauptgrund in den unvergleichlich starken elektrischen Processen und Entladungen dieser Gegend. Werden angeblich mehr Männer als Weiber vom Blitze erschlagen, so genügt zur Erklärung der Hinweis auf die grössere Gelegenheitsexponirung des ersteren Ge-

schlechtes. Sind sehr viele Opfer unter Bäumen gefällt worden, so braucht man bloss an die in flachen Ebenen auch Sträuchern nicht versagte Spitzenwirkung zu denken, während das Schicksal der Pflanzen selbst (Fiedler fand in Rom von zwei betroffenen Pinien nur eine, ohne Entzündung gebliebene, unfruchtbar geworden) von den elektrischen Leitungsverhältnissen in ihren Körpern bestimmt wird. Finden endlich die stärksten Blitzverletzungen Lebender nach Stricker stets an den Ein- und Austrittstellen des Funkens, selten oder nie an Innenorganen, und kaum je durch die Kopfknochen direct im Gehirne statt, so entspricht Ersteres den elektrischen Reizungen überhaupt und zeugt Letzteres bei dennoch eingetretenen Cerebralsymptomen für die über den unmittelbaren Angriff hinausragende Erschütterungsempfindlichkeit der Nerven, bekannt auch unter der milderen Form des Rückschlages.

Erläuterungen und Nachträge.

Mancher im Verlauf des Druckes eingetretene wissenschaftliche Fortschritt oder die da und dort selbst gewonnene bessere Einsicht erweckten in mir während der Correctur der Bogen den Wunsch, deren Inhalt durch Ergänzungen und Nachträge vollständiger und brauchbarer zu machen, was freilich am passendsten in einer zweiten Auflage geschehen würde, deren von kritischen Belehrungen und Forderungen unterstützte Ausarbeitung einem nach Ausdehnung und Form eigenthümlichen literarischen Versuch erst die richtige Gestalt zu geben vermöchte. Da indess die Möglichkeit solch einer Verbesserung von mir nicht in sichere Aussicht genommen werden darf, mag im Folgenden unter Hinweis auf einzelne Paragraphen des Textes eine theilweise Erläuterung oder Erweiterung desselben geschehen. —

§. 489. (zu §. 1. 4. 5.) — Das „Wesen hinter den Thatsachen," dessen Aufsuchung mir ausserhalb der naturwissenschaftlichen Arbeiten zu stehen scheint, verfällt dieser Anschauung nur insofern, als darunter der Natur gegenüber eine bestimmte Persönlichkeit und für die einzelnen Erscheinungskreise eine selbständige specifische Potenz verstanden wird. Dagegen bildet dasjenige Wesen der Erscheinungen, welches von der theoretischen Abstraction als die gesetzmässige Begründung und innere Verbindung der Thatsachen enthüllt wird, ein ächtes und tiefes Object der physikalischen Forschung. — Wenn von dem innerhalb der Grenzen exacter Untersuchungen stehenden naturwissenschaftlichen Materialismus die Verantwortlichkeit für angebliche moralische und sociale Gefahren abgelehnt werden darf, erscheint das Recht dazu weniger zweifellos, sobald man ihm den Versuch einer systematischen Construction der Dinge vorwerfen kann. Auch dann aber fallen die gezogenen Folgerungen fürs praktische Leben weit mehr den übereifrigen, oder den unwilligen Auslegern einer theoretischen Lehre, als deren wissenschaftlicher Begründung zur Last. Für diese wäre höchstens die Zu-

lässigkeit oder Opportunität einer speculativen Erweiterung empirischer Thatsachen discutirbar. Dieselbe könnte an sich betrachtet vorerst unterbleiben, sie ist aber nicht bloss erlaubt, sondern eine Pflicht der Selbsterhaltung angesichts der idealen Aufstellungen, welche über das Material der Naturforschung mit solcher Bestimmtheit entscheiden, dass dieser nur eine stumme Unterwerfung oder ein positiver Protest erübrigt. Da nun jene so ziemlich ihre Existenz vernichten würde, denn was man davon zur factischen Leistung an einem als geistige Vorstellung ihr überlassenem Substrat bestehen lässt, ist nichts als ein unfreies Scheinleben, muss sie ihr Eigenthum dadurch sichern, dass sie über dessen reelle Grundlagen feste Definitionen aufstellt, für deren Geltendmachung alle exacten Forschungsresultate eintreten. —

Wenn die Empirie zur Entscheidung gewisser naturwissenschaftlicher Grundfragen unzureichend genannt wird, ist dies so zu verstehen, dass das letzte Substrat dieser der unmittelbar sinnenfälligen Darstellung sich entzieht. Doch darf die Annahme eines solchen in keiner Weise willkürlich, sondern muss die legale Folgerung wohl begründeter Thatsachen sein, wonach die Erfahrung den letzten Prüfstein jeder ächten physikalischen Hypothese bildet. Diese bescheidenere Qualification einer allerdings zuweilen als sicher und abgeschlossen von den Freunden hingestellten oder von den Gegnern vorausgesetzten Theorie schädigt ihre Bedeutung keineswegs, sondern verspricht ihr vielmehr durch in offener Aussicht belassene Modificationen und Erweiterungen tiefere Begründung. —

Für die moderne physikalische Atomistik gibt es keinen bestimmten und einzigen Autor, denn sie ist nicht wie das Philosophem Leukipp's oder Demokrit's eine planmässig aufgestellte und abgerundete Theorie, sondern eine in der Forschung selbst nach deren Bedürfniss herangewachsene, mit ihr im Fluss befindliche Lehre, welche ihre Stütze nicht in einem einzigen constructiven Kopfe, sondern in vielen festen physikalischen und chemischen Thatsachen findet. Diese nach ihrem einzelnen Auftreten, nach ihrer gegenseitigen Beziehung, im Zusammenhang mit dem naturwissenschaftlichen Fortschritt und im Verhältniss zu den allgemeinen, sog. philosophischen Anschauungen wie zum gesammten Culturgang der Zeit als factische Phasen einer Entwickelungsgeschichte der Atomistik darzustellen, dürfte eine wichtige und umfangreiche Arbeit für sich bilden, für welche ich seit sieben Jahren Materialien sammle, deren Verwendung bloss vom gegenwärtigen Unternehmen zurückgedrängt wurde. — Hier beschränke ich mich auf die Angabe, dass eine sichere Feststellung jeder einzelnen Aeusserung über physikalische Atome unmöglich erscheint, das erste System derselben aber von Roger Boscovich aufgestellt wurde, dessen Theoria philosophiae naturalis (Venetiis 1763) den klaren Ausspruch an der Spitze trägt:

„Principia corporum sunt moleculae quaedam minimae, variis viribus in diversis inter se distantiis praeditae, quibus aut mutuo attrahuntur aut repelluntur." — Der erste Theil gibt nach einer Einleitung eine analytische Deduction der Theorie, bespricht das Continuitätsgesetz, die in Frage gestellte unmittelbare Berührung der materiellen Theile, das allgemeine Gesetz der Kräfte, die Homogenität der stofflichen Elemente, und die gegen die atomistische Lehre bis dahin erhobenen Einwürfe. Im zweiten Theil wird die Theorie auf die Mechanik, im dritten auf die Physik angewandt. Seiner, wie er sagt, seit 1745 ihm geläufigen Anschauung über die Constitution der Materie weist er eine Stelle zwischen Leibnitz und Newton an; von jenem habe sie die ersten einfachen Elemente, von diesem die Wechselwirkung punktueller Kräfte. — Weit weniger bekannt und einflussreich sind zwei Schriften atomistischen Inhaltes oder Anklanges aus dem vorangegangenen Jahrhundert geworden, welche ich in der Dresdener Bibliothek vorfand, nämlich von Derodone (1662) und von Morini (1650): de atomis et vacuo, contra Petr. Gassendi philosophiam epicuraeam. Jener unterscheidet das einfache und zusammengesetzte Molekül, und sagt vom ersteren: Atomus simplex melius diceretur punctum quod vel mathematicum, vel inflatum. Dieser (1583 - 1656, früher Arzt, dann Mathematiklehrer am Pariser Collège royal) scheint seinen literarischen Namen grossentheils polemischen Schriften zu danken, von denen hier ausser der obigen noch eine sieben Jahre später gegen Bernier erschienene Defensio dissertationis de atomis et vacuo zu nennen ist. Jedenfalls dient er nur zur Folie seines berühmten ersteren Gegners (Pierre Gassend 1592–1655), von welchem Lange in seiner Geschichte des Materialismus zeigt, dass er durch zeitgemässe Umbildung des epikuräischen Systemes der Rehabilitator der (doch mehr philosophischen, als physikalischen) Atomistik geworden sei. Er identificirt die Schwere der Atome mit ihrer Bewegungsfähigkeit, hinsichtlich welcher bei Epicur ein gleichmässiger, doch ablenkbarer, Fall angenommen wird, und erklärt das Entstehen wie Vergehen der Dinge aus der Verbindung oder Trennung der Atome, deren Lage und Ordnung die Eigenschaften der Körper bestimmt; die Seele lässt er gleich dem antiken Philosophen aus den feinsten Atomen (Luft und Wärme) bestehen, welche Vorstellung von den englischen Forschern (Hobbes, Locke, Toland) dahin erweitert wird, dass die Besonderheit der Seelenwesen nicht sowohl in der Beschaffenheit der einzelnen Atome, als in der Mannigfaltigkeit ihrer Bewegungen liege. Wolff's (1697) Herleitung der Gedanken aus dem Leibe statt der Seele, Stosch's (1692) Zurückführung der letzteren auf die richtige Mischung des Blutes und der Säfte, de la Mettrie's (l'homme machine 1747) wesentliche Bindung der sich entwickelnden und abnehmenden psy-

chischen Funktionen an die körperlichen Organe bis zu Holbach's System der Natur (1770), in dessen fünf Capiteln: Natur, Bewegung, Stoff, Gesetzmässigkeit, Ordnung und Zufall alles jenseit der Materie Liegende als Geschöpf der Einbildung hingestellt, jegliche Modification der ersteren als Folge von Bewegungen erklärt und als Grundkraft das attrahirende und repulsive Wechselspiel angenommen wird, haben mit der Atomistik an sich nichts zu thun, und würden mit um so grösserem Unrecht als materialistische Consequenzen derselben gebrandmarkt, als keiner der erwähnten Autoren der physikalischen Atomenlehre irgendwie näher getreten ist, und insbesondre Holbach trotz seiner Annahme von Elementartheilchen dieselben viel zu unbestimmt lässt, um für einen strengen Atomisten gelten zu können. — Die den fraglichen Extremen gegenüber unausbleiblichen Reactionen, zumal auf deutschem Boden, woselbst am frühsten Leibnitz Monadologie die Materialisirung der Seele durch eine Spiritualisirung des Stoffes zu ersetzen gesucht hatte, richteten sich auch mehr wider die physiologische Erfassung psychischer Phänomene, als die Atome, aber im Fortgang des Kampfes sind diese als Hauptschuldige in die erste Angriffslinie gestellt worden, ohne dass jeder Zeit ihre mit der wissenschaftlichen Entwicklung veränderte Bedeutung billig erwogen worden wäre. Zwar Büchner's Distinction, dass die Atome der Neueren Entdeckungen der Naturforschung, diejenigen der Alten speculative Vorstellungen seien, wird nicht hinlänglich als Grundlage einer principiell modificirten Beurtheilung respectirt, weil nicht mit Unrecht die besagte moderne Frucht der „Entdeckung" eben auch ausschliesslich im Bereich der Abstraction vorgefunden wird, aber das empirische Untersuchungsmaterial selber sollte besser gewürdigt werden, wenn über den Werth oder gar die Zulässigkeit fundamentaler Bestimmungen gesprochen wird. Dies ist nun bei Weitem schwieriger, als der Philosoph, welcher das letztere zu seinen Rechten zählt, einsieht oder zugestehen will, indem sonst unbegreiflich erschiene, wie aus angeblich höheren dialektischen oder metaphysischen Gründen Machtsprüche über Fragen ergehen können, welche durch ihre naturwissenschaftliche Thatsächlichkeit der willkürlichen Deutung entrückt sein sollten. Diese spricht nämlich fast allemal ein lauteres oder leiseres Wort mit, was auch ohne Voraussetzung absichtlichen oder verschuldeten Missverständnisses erklärbar wird aus der allerdings in der Entwicklung der Naturforschung selber zu, doch nur provisorischem, Ausdruck gelangenden Verschiedenartigkeit der atomistischen Ansichten. Die Hauptschwierigkeit fanden deren Vertreter immer in der Verbindungs- oder gegenseitigen Wirkungsweise der Atome. Die antike Anschauung verfuhr damit am rohsten, aber klarsten, indem die Berührung rauher oder selbst mit Haeken ausgestatteter Flä-

eben der sinnlichen Auffassung darauf bezüglicher Erscheinungen angemessener war, als eine Anziehung, von welcher die Widersinnigkeit der Fernwirkung Newton deutlich genug einsah, um sie als eine bestimmte Kraft zu qualificiren, und welche unter der Gestalt der alchymistischen Affinität geradezu als eine qualitas occulta in die Reihe der sonst so klaren naturwissenschaftlichen Begriffe aufgenommen wurde. Diese mit jener zu identificiren, zögert Newton nur deshalb, weil für letztere die Abhängigkeit ihrer Intensität von der Entfernung unbekannt war; Buffon sieht hierin keinen Grund gegen die Anerkennung der Gleichheit; Bergmann führt die verschiedenen Verwandtschaften auf die differente Form der Atome zurück, deren Gewicht für Dalton den wirksamsten vielleicht einzigen Unterschied ihrer Beziehungen bildet. Gay Lussac fasst die Atome als unendlich kleine Differentiale, Ampère und Cauchy lassen sie ohne alle Ausdehnung, Redtenbacher ersetzt des Letzteren punktuelle Atome durch räumlich expandirte Dynamide, deren Schwingungen mit nach der Richtung verschiedenartiger Elasticität erfolgen, Faraday kehrt zu den einfachen Kraftcentren zurück. Dies und manches Andre, was noch beigebracht werden könnte, klingt abweichend genug, indess erfährt das differentielle Moment dieser Ansichten oder Aussprüche eine wesentliche Milderung, wenn, was wohl die Hauptsache ist, aber von den mit einem gewissen Wohlbehagen jene anscheinenden Divergenzen begrüssenden Gegnern der Atomistik nicht immer geschah, die Verwendung der letzteren in den factischen Arbeiten der Forscher aufgesucht wird, deren Vorstellungen weit weniger hinsichtlich der materiellen Grundlagen auseinandergehen, als im Streben, dem Geheimniss der Fernwirkung eine verständliche Form abzugewinnen. Da dies immer bloss im Sinne einer hypothetischen Befriedigung gelang, mag man Virchow beistimmen, dass gegenüber der nur gedachten Einheit des Atomes die wirkliche in der alle Theile zu einem gleichartigen Zweck verbindenden Gemeinschaft des Individuums vorliege, und Büchner's Behauptung, dass die Atomistik die Erklärung des Ganzen aus den Theilen sei, vorerst als frommen Wunsch gelten lassen, muss aber doch die für diese selbst sprechenden, von Fechner im Anschluss an die Hauptstücke der Physik zusammengestellten, Beweise um so mehr für triftig gelten lassen, als die betreffenden Thatsachen nicht aus der secundären Reihe der Erfahrungen entnommen sind, oder zu den weniger gut bestätigten, theoretisch einflussloseren gehören, sondern sowohl an sich die feinsten und werthvollsten Früchte der Forschung bilden, als auch in den naturwissenschaftlichen Grundfragen eine entscheidende Stimme führen. Verschiedenheit und Abwechselung der Dichte und Festigkeit bis zu den Uebergängen der Aggregatzustände, die Streifungen, Blätterdurchgänge und krystallinischen Kerngestal-

ten, die Leistungen und Grenzen der Elasticität, die Aequivalente der chemischen Verbindungen und die allotropen wie isomeren Modificationen, unbeschadet der ältere Meinungen erschütternden, aber statt umstürzenden bloss modificirenden Typentheorie, endlich die kleinsten Bewegungen in organischen Massen, welche die Differenzirungen ihrer Entwicklungsgeschichte, wie die nervöse Uebertragung physikaliseher Ereignisse ins Bewusstsein und dessen Rückwirkung vermitteln, fordern für das Verständniss, wenn es sich über das Wortgeklingel der „Polaritäten“ erheben soll, ein in der Uranlage discret gegliedertes, nur hiedurch der Nuancirungen der Anordnung und internen Bewegungen fähiges, materielles Substrat. Vom höchsten physikalischen Beweiswerth ist weiters der Zusammenhang der Atomistik mit der der Optik unentbehrlich gewordenen Schwingungslehre des Aethers; ist derselbe continuirlich oder auch nur im Abstand der wirklich oscillirenden Punkte gegenüber ihrer Wellenbreite verschwindend, wie es sich mit der Luft hinsichtlich des Schalles verhält, so würden alle Lichtwellen unabhängig von ihrer individuellen Länge, welche doch von Roth bis Violet zwischen etwa: 0.000689 und 0.000395 mm. wechselt, gleich hohen und tiefen Tönen in der Atmosphäre nach sämmtlichen Richtungen mit der nämlichen Geschwindigkeit sich verbreiten, während erfahrungsgemäs die differenten Undulationen bei gewisser Incidenz in bestimmt geformten brechenden Medien die bekannte Auseinanderlegung in die Spectralfarben erfahren. Dieser in aller mathematischen Schärfe nachweisliche Widerspruch zwingt entweder zur Aufgabe der optischen Undulationstheorie, woran ein mit deren wesentlicher Bedeutung für die feinsten und wichtigsten Lichterscheinungen vertrauter Physiker nicht denken kann, ohne einen Ersatz- und Aussichtlosen Verzicht auf den schönsten sichersten Theil seiner Wissenschaft zu leisten, oder unter gänzlicher Verwerfung des substantiellen Continuitätsbegriffes zu einer Modification der atomistischen Anlage in dem Sinne, dass die gegenseitige Entfernung der Partikeln nicht weniger als 0.001 der kleinsten Lichtwellenlänge beträgt. Nach W. Weber zeigte zuerst Robert Willis (geb. 1800), dass in den analytischen Reihen oder Gleichungen der optischen Wellenbewegung nur die bis dahin vernachlässigten späteren Glieder, welche als Functionen der Molekularintervalle erscheinen, in die weitere Entwicklung aufgenommen zu werden brauchen, um die refractive Farbenzerstreuung zu erklären, welche Cauchy noch schärfer und gründlicher als nothwendige Folge discreter Atome ableitete. — Im Uebrigen veranlasst vor Allem die Polarisation des Strahles, in deren Folge die zu ihm senkrechten Schwingungen in unter sich parallele gesondert werden, seit Fresnel's desfallsigen Untersuchungen so triftig zur Annahme discreter Schwingungspunkte, dass Poisson, welcher an den nothwendigen Uebergang

aller ursprünglichen Transversalwellen in schliesslich longitudinale innerhalb eines continuirlichen Mittels geglaubt hatte, dieses der von Erfahrung wie Kalkül geforderten Atomistik opferte. — Fourier's Nachweis einer sonst der Theorie widerstrebenden Uebereinstimmung zwischen den Gesetzen der Wärme-Leitung und- Strahlung, und die Abhängigkeit der thermischen Emissionsintensität von der Richtung der Wellenzüge zur warmen Fläche, die Ausdehnung, ja Verflüssigung der von der Wärme in ihrem mechanischen Gefüge gelockerten Körper und die Beziehungen der Temperaturveränderungen zu Bewegung oder Arbeit materieller Theile sprechen wenn nicht ausschliesslich doch überwiegend zu Gunsten atomistischer Grundlagen der Materie. — Endlich ist die bei allen eine tiefe Verwandtschaft verrathenden Analogien zwischen Magnet und elektrischem Solenoid dem ersteren allein eigenthümliche Constanz der Ladung bis in die kleinsten gewaltsam hergestellten Bruchstücke bloss verständlich, wenn die erregenden Ströme an die letzten Bestandtheile gebunden werden, um welche sie in geschlossenen Bahnen nur kreisen können, falls dieselben nicht ein gleichartiges begrenzte Stromlinien unmöglich machendes, weil alle differenten Wege verwischendes Continuum bilden, sondern als discrete Körperchen der Elektricität freie Verbreitung zwischen sich lassen. — Es ist bemerkenswerth, dass die elektrischen Eigenschaften der Nerven und Muskeln zu einer Vorstellung ihres molekularen Baues geführt haben, welche den elektromagnetischen Hypothesen nah steht und insbesondre mit Ladungs- oder Strömungs-Vorgängen operirt, die zu ihrem Auftritt und Verlauf ebenfalls eine bis ins Feinste gegliederte Architektonik von Stofftheilchen und leren Zwischenräumen fordert. Insofern die neuroelektrischen Phänomene, deren wahre Bedeutung vermuthlich über die direct nachgewiesenen Formen und Grade weit hinausreicht, bei vielen physiologischen Functionen dieser Organe und bei ihren psychischen Leistungen höchst wahrscheinlich mitwirken, ist wie man sieht wirklich das organische Geschehen oder dessen Wissenschaft am atomistischen Aufbau der Materie höchlich interessirt. —

§. 490. (zu §. 19). — Die Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Zelle führt zur Ansicht, dass ihr höherer vitaler Werth mit der Vielfachheit und Feinheit ihrer formellen und stofflichen Differenzirungen zusammenhängt, welche in der Erscheinung geometrischen, nach der Ursache physikalischen Charakters als elementare Voraussetzungen sowohl der individuellen Eigenschaften der Zellen wie ihrer zu den höchsten Lebensäusserungen eines Organismus führenden Beziehungen erscheinen.

Von den Wachsthum- und Vermehrungs-Processen der

Elementarorgane sind nachgewiesen der Furchungsprocess im Ei, dessen Substanz zu den einfachen Zellen in späteren Stadien 2, 4, 8 und mehrfache Abschnürungen einer anfangs gemeinsamen Kapsel enthält, von feinen Linien der Hülle angedeutete Zerklüftungen in der Knorpelmasse, die Neubildungen, welche, in Gestalt und Bedeutung den schon bestehenden Anlagen eines fertigen Organes angepasst, von bestimmten Regionen desselben aus (matrix: Periost, Linsenkapsel, Nagelbett) durch Apposition oder gleichmässig an allen Punkten durch Intussusception unter entsprechender Resorption oder Abstossung älterer Gewebschichten erzeugt werden, und unmittelbare Auschcidungen in Flüssigkeiten oder Drüsenschläuchen wie der Lymphzellen in der Milz und der festen Bestandtheile der Milch. Vermehrung der Muskelfasern mit dem Alter bis zur Reife (Budge) und Vergrösserung der Zellendimensionen in den Knorpeln sind gleichfalls bestätigte Beobachtungsresultate. — Hier mag an die Molekularmechanik der Entzündungsvorgänge erinnert werden, indem die vom directen Reiz getroffenen zelligen Elemente durch gesteigerte Diosmose reichliches Material in sich aufnehmen, also Anziehungen auf die umgebenden Stoffe üben, welche nicht nur in den benachbarten Zellenschichten ähnliche diffusive Processe hervorrufen, sondern auch durch vermehrte circulatorische Zuströmung des Nahrungssubstrates eine reichliche Kernproduction oder freie Zellbildungen veranlassen (O. Weber). — Der als elementarster Lebensact der Zelle erscheinende Gegensatz zwischen Centrum und Peripherie, von welch letztrer die Theilchen zur Verdichtung in erstrem hinstreben, verursacht die amöboiden Bewegungen des Zellinhaltes, die nebst den Schwingungen der Flimmer-Haare der reinen Molekulardynamik angehören, während die Vibrationen der nervösen, muskularen und secretorischen Elemente schon ins Gebiet der abgeleiteten Functionen hineinragen.

§. 491. (zu §. 26. 28. etc.) Wolff's mikroskopisch osteologiche Untersuchungen entnahm ich einem Bericht im ersten Heft des Jahrganges 1872 von Schmidt's Jahrbüchern der Medicin. Nach Kollmann (Mechanik des menschlichen Körpers), hat die bei Betrachtung des vielfältig durchbrochenen Gitterwerkes, das gegen die Gelenkenden hin die compacte Knochenmasse des Mittelstückes ersetzt, unwillkürlich betreffs der gerade hier in hohem Grade beanspruchten Widerstandfähigkeit aufsteigenden Zweifel H. Meyer zerstreut durch den Nachweis, dass die unzähligen Knochenblättchen der spongiösen Substanz ein regelmässiges Gefüge elastischer Pfeiler und Sparren bilden, dessen mechanische Anordnung und Leistungsfähigkeit im Fachwerk der Gitterbrücken wiedergefunden wird. Ein Theil dieser feinen aber festen Strebepfeiler zieht von der Höhe

des Gelenkkopfes zur Innenseite des Knochen, ein anderer eben dahin zu einer etwas tieferen Stelle vom grossen Rollhügel her; beide werden nahe rechtwinkelig durchkreuzt von Lamellen-Zügen, welche vom unteren Rande des Gelenkkopfes aus gegen den äusseren Umfang des Röhrenknochen laufen. Diese Systeme gebogener Stäbe und gekrümmter Lamellen gehen allmälig in die compacte Knochensubstanz über, von welcher aus sie sich eigentlich umgekehrt nach Oben hin fächerartig ausbreiten, um ohne Schädigung der Festigkeit wie ohne Mehrung des Gewichtes jene Erweiterung des Volumens zu gestatten, welche im Interesse einer festen und vielseitig beweglichen Gelenkmechanik nothwendig war. — Im technischen Repräsentanten dieser organischen Architektonik, dem Pauly'schen Brückenpfeiler, ist durch die in den Richtungen der Druck- und Zug-Kurven laufenden Fachsparren gleichfalls ein minimaler Materialaufwand bei maximaler Haltbarkeit erstrebt und erreicht. — Vom compacten Theil der Röhrenknochen ist bemerkenswerth, dass er einer schwachen einfachen oder doppelten Krümmung die Fähigkeit verdankt, einem, bei geradliniger Form weit leichter zur Splitterung führenden, Stoss nach der Längsachse federnd bis auf einen gewissen Grad auszuweichen, nach dessen Erreichung der gewaltsame Bruch regelmässig an der Stelle der stärksten Krümmung erfolgt. — Die in letzterem Fall nicht sehr hoch bewährte Festigkeit, im Vergleich zu welcher die spongiösen Knochen beispielsweise der Handwurzel eine ganz enorme Widerstandfähigkeit gegen Druck bewähren, ist demnach zum Theil durch eine beschränkte, aber innerhalb der engen Grenzen höchst vollkommene Elasticität in Schutz genommen. Aeusserst entwickelt finden wir diese Eigenschaft auch an den Kopfknochen, welche am Erwachsenen eine Veränderung des Querdurchmessers der Schädelhöhle um 1.5 cm. auf Kosten der übrigen vor dem Bruch gestattet, welcher unter ähnlichen Umständen an der Basis eines Knabenschädels schon bei einem Verkleinerungswerth von 4mm. eintrat. Während des Lebens bleibt an den hiemit für möglich erkannten noch so geringfügigen Form-Aenderungen der Kopfknochen das ihre Höhle unter Einrechnung der incompressiblen Cerebrospinalflüssigkeit vollständig erfüllende Gehirn nicht ohne Mitleidenschaft, aber obschon der unmittelbare Angriff unter einer durch äussere Gewalt einwärts gedrückten Knochenstelle momentan stärker ist, als wenn ein absolut starrer Panzer einen eben damit den Stoss brechenden Bruch erlitte, ist doch im ersteren Fall innerhalb der Elasticitätsgrenzen die Ausgleichung des Insultes eine so rasche und vollkommene, dass selten Störungen von längerer Dauer und tieferen Folgen eintreten. — Auch einen starken Druck verträgt das Gehirn ohne Lebens-Gefährdung, wenn derselbe zwar anhaltend aber in einer dem Entwicklungsgang conformen Allmäligkeit und Gleichförmigkeit geübt wird. Verwachsen vermuthlich in Folge

krankhafter (rhachitischer) Ernährungs-Anomalien die Knochennähte des kindlichen Schädels zu früh und fest, was am häufigsten in den vordren der Stirn nahstehenden Partien zu geschehen scheint, so verschafft sich das hier eingeengte Gehirn den für das weitere Wachsthum nothwendigen Raum im Hinterkopf und Schädelgrund, wodurch jene rückwärtige Flucht der flachen Stirne und jenes Vorschieben der Gesicht-, insbesondre Kiefer-Knochen der makrocephalischen Hauptbildung entsteht, deren roher doch energischer Thiercharakter die Flachkopf-Indianer Oregon's veranlasst haben mag, ihren Neugebornen mittels Brettern oder förmlich modellirten Höhlungen dicker Holzstücke eine nur den Sklavenabkömmlingen vorenthaltene abnorme Schädelbildung zu verleihen. Skeletreste ostasiatischen, armenischen, gallischen, selbst germanischen Ursprunges zeigen ähnliche von Natur oder Absicht veranlasste Absonderlichkeiten, deren Kenntniss, ja Namengebung bis auf Hippokrates zurückgeht. — Sehen wir hier von einem so weichen und zarten Organe, wie das Gehirn, der schon in der Jugend ziemlich festen Knochenhülle gegenüber einen da verweigerten, dort dafür desto unüberwindlicheren Form bestimmenden Einfluss geübt, so ist dies nur eine durch die einseitige Richtung auffallende in Wahrheit aber so constant vorhandene Leistung, dass die Mitwirkung des cerebralen Innendruckes an der Grösse und Gestalt des Schädel zu den best bestätigten anatomischen Thatsachen gehört. Bleibt das Wachsthum des Gehirnes auf einer niedren Entwicklungsstufe stehen, so erfährt hiemit auch die Anbildung und Ausbreitung der Knochensubstanz eine entsprechende Sistirung und der mikrocephale Schädel zeigt schon durch seine Dimensions- und Formverhältnisse die psychisch äusserst ungenügende Leistungsfähigkeit eines Gehirnes an, welches manchmal nur $^1/_3$, ja nicht viel mehr als $^1/_4$ des Normalgewichtes von 1350 Gramm erreicht. Auf der andren Seite darf freilich ein unmässig umfangreicher Schädel um so weniger als ein Zeichen höherer Intelligenz gelten, da eine anomale Absonderung des cerebrospinalen Wassers die krankhafte hydrocephalische Ausdehnung verschulden kann. —

In den letzten Jahren sind über einen der interessantesten Stoffe aus dem Pflanzenreich, das Kautschuk, Elasticitätsuntersuchungen angestellt worden, welche nicht ohne Beziehungen zu physiologischen Eigenschaften der Muskelsubstanz geblieben sind. Schon 1806 hatte John Gough, natürliche Kautschukfäden zwischen den Lippen auseinanderziehend, bemerkt, dass hiebei dieselben sich erwärmten. 1857 wurde diese Erscheinung wie die gegentheilige Erkaltung beim Zusammenziehen durch Joule genauer studirt und aus diesen, dem Verhalten von Metall und andren Körpern geradezu widersprechenden, Beobachtungsresultaten von Thomson geschlossen, dass gespanntes Kautschuk unter Wärmeeinfluss sich zusammenziehen

werde, was auch trotz Bertin's Behauptung, dass nach Fizeau's Versuchen das Kautschuk der allgemeinen Regel der andren Körper unterworfen sei, mehrfach, unter Anderm auch durch Reusch an der verwandten Guttapercha constatirt wurde. 1871 hat nun Villari in Florenz das vulcanisirte Kautschuk, das nach der Entdeckung von Goodyear und Hancok (1842) durch Absorption von etwas Schwefel bei 150⁰ eine grosse Ausdauer seiner Elasticität gewinnt, während gewöhnliches bei 40⁰ C teigig und unter dem Gefrierpunkt hart zu werden pflegt, hinsichtlich seiner elastischen Eigenschaften geprüft und gefunden, dass dasselbe dreierlei Elasticitätscoefficienten besitzt, einen ersten oder grossen, gleichsam constanten und manchmal gleich 13 oder 14; einen dritten oder kleinen, ebenfalls gleichsam constant und manchmal vor dem Abreissen gleich 0.0034, und einen mittleren oder veränderlichen, der rasch abnimmt und die beiden vorigen verknüpft. Der erste hält an, bis das Kautschuk die doppelte ursprüngliche Länge beim Dehnen erreicht hat, der mittlere, bis eine vierfache Länge angenommen ist, von welchem Moment ab der kleine Coëfficient giltig wird. Während des Zuges findet natürlich eine Verlängerung und gleichzeitig eine Verdünnung des Fadens statt, die Theilchen desselben aber vergrössern ihren gegenseitigen Abstand, so dass der gedehnte Körper ein erweitertes Volum und eine verringerte Dichte erhält, was aus der mit dem Zuge fortwährenden Abnahme des specifischen Gewichtes erkannt wurde. Die grosse Elasticität oder Verlängerungsfähigkeit des Kautschuk hängt demnach vornehmlich von der leichten Verschiebbarkeit seiner Moleküle ab, welche aus transversaler Lage auf geringen Anlass rasch in longitudinale Anordnung übergehen. Die Erkaltung bei der Expansion des gewissermassen in seiner Weichheit die molekulare Labilität eines halbflüssigen Mediums repräsentirenden Kautschuk erklärt sich aus der erwähnten Verminderung der Dichte hinlänglich und der umgekehrte Schluss einer thermischen Contraction der gespannten Masse dürfte theoretisch auch dann gesichert sein, wenn gewöhnliches Kautschuk nach Thomas wirklich in erwärmtem Wasser leichter, also ausgedehnt wird. —

Zum feineren Studium der thermomechanischen Eigenthümlichkeiten des Kautschuk benützte Villari eine Melloni'sche Thermosäule, verbunden mit einem Galvanometer und aufgehängt an Seidenfäden, so dass sie leicht auf den horizontal ausgespannten Kautschukstreifen im Augenblick der Streckung und Relaxation herabgelassen werden konnte. Unter Bestätigung des obigen allgemeinen Resultates ergab sich, dass die Temperaturerhöhung beim Ausziehen im absoluten Werth grösser ist, als die Temperaturerniedrigung beim Zusammenziehen, was bei reichlichen Fehlerquellen und an sich geringfügigen Messungsgrössen allerdings nur zur Evidenz kommt, wenn

man durch öftere Wiederholung der mechanischen Acte die Temperaturzuwüchse beim positiven derselben gewissermassen zur Anhäufung gelangen lässt. Die Erklärung des Phänomenes wird „im Kraftverbrauch" gesucht, welcher beim Ausdehnen und Zusammenziehen des Kautschuk stattfindet." Während Gase, bei der Ausdehnung eine Arbeit verrichtend, um so mehr erkalten, je höher sie bei der Compression erwärmt worden waren, ist am Kautschuk wegen der unvollkommenen Beweglichkeit der zähen Theilchen keine solche Gegenseitigkeit zu erwarten, sondern die auf die Expansion verwandte Kraft erscheint in dem zu innerer Arbeit verbrauchten Theile bei der Contraction nicht wieder, wofür auch die Erfahrung spricht, dass das Kautschuk bei Zulage bestimmter Gewichte sich mehr verlängert, als bei der Wegnahme derselben verkürzt. Die daran geknüpfte Vermuthung, diese Substanz sei eine teigigzähe Masse, deren Theilchen bei jeder Volumsänderung sich aneinanderreiben, harmonirt mit Warburg's Beobachtung, dass starre Körper bei akustischen Leistungen sich erwärmen, um so höher, je schneller die ihnen eingeprägte Schallbewegung in innere Arbeit und Wärme umgewandelt wird; das Kautschuk als eminent schlechter Schallleiter erfährt in diesem Sinne die empirisch bestätigte stärkste Temperaturerhöhung. —

Horvath fand die Dehnbarkeit des Kautschuk, das um einen 5 mm dicken Draht zu einem Ring gewickelt und mittels eines zweiten Drahtes angepresst worden war, nicht dem Gewicht direct proportional; vielmehr nimmt die Elasticität vom Anfang bis zu einer gewissen Grenze ab, dann wieder zu, und zeigt bei der Entlastung ein ähnliches Verhalten. Der Druck der Luft im Kautschukschlauch ist während dessen Ausdehnung dieser proportional, hängt aber auch von Weichheit oder Spröde der Wände ab. —

G. Schmulewitsch endlich dehnt eine im bullet. de l'acad. de St. Petersburg XIV. enthaltene Untersuchung über die in Frage stehenden Besonderheiten des Kautschuk auf das physiologische Thema aus: Wie verändert sich die Fähigkeit der Muskeln, Lasten zu heben, mit der Veränderung ihrer Temperatur? — Die schon 1868 (medcn. Jahrbücher) gefundene Lösung desselben, dass der nämliche Reiz an demselben Muskel eine grössere mechanische Leistung hervorruft, wenn er eine höhere Temperatur besitzt, indem der Muskel Wärme in mechanische Arbeit umsetzt, wird dahin erweitert, dass der erwärmte Muskel nicht gleich den übrigen Körpern sich verlängert, sondern verkürzt (siehe S. 217) — Vom Kautschuk nun, das nach Joule's Ermittlung, dass bei der Ausdehnung statt erwarteter Wärme-Absorption solche frei werde, dem organischen Körper analogisirt werden durfte, zeigte sich, dass es beim Erwärmen nicht immer kürzer wird, sondern bloss unter starker Belastung, während bei kleiner Verlängerung eintritt. Für jeden Kautschukcylinder gibt es eine mittlere

Last, unter welcher er für verschiedene Temperatur die gleiche Länge bewahrt. Dies verschiedenartige Verhalten correspondirt mit der Complication des thermischen Einflusses, indem dadurch einerseits die Elasticität der Masse vergrössert, anderseits die an sich normale Ausdehnung hervorgerufen wird. Wenn die zweite Einwirkungsweise für die Allgemeingiltigkeit sonst wohl bestätigter thermomechanischer Effecte spricht, erscheint erstere für die physiologische Frage wichtig, inwieweit die elastischen Eigenschaften der Muskeln bei Verrichtung mechanischer Arbeit betheiligt seien. Ist nämlich der erwärmte Muskel zu höherer mechanischer Leistung fähig und wächst mit der Temperatur seine Elasticität, so ist die Arbeitsfähigkeit des Muskels eine Function seiner elastischen Eigenschaften. — Wegen des hiemit geweckten tiefen physiologischen Interesses untersuchte der Forscher auch noch den Zusammenhang der bei der Erwärmung eigentlich mittels der Elasticitäts-Vergrösserung bewerkstelligten Verkürzung mit den Spannungsgraden. Diese wurden durch wechselnde Zuggewichte hergestellt, die entsprechenden thermischen Verkürzungsgrössen aber an den Tonhöhen einer eingeschalteten Darmsaite gemessen. Bei niederer Spannung des Kautschuk fiel nun die erwartete Tonerhöhung stets geringer aus, als unter höherer Spannung, wonach also mit letzterer die Verkürzung steigt. —

§. 492. (Zu §. 36.) — Zur leichteren Uebersicht ordne ich die Versuchswerthe so:

Gewicht nach Wasserimbibition:	11.27 Gr. (Flanell)	1.28 Gr. (Pergamentpapier)
Gewicht der trocknen Stoffe:	3.29 „	0.79 „
Aufgenommenes Wasserquantum:	7.98 „	0.49 „
Nach Procenten:	$\frac{7.98 \times 100}{3.29} = 242.5$;	$\frac{0.49 \times 100}{0.79} = 62.02$
Nach Quellung in der schwachen Alkohollösung:	9.751	1.20
trocken:	3.29	0.79
Imbibirte Flüssigkeit	6.461	0.41
Nach Procenten:	$\frac{6.461 \times 100}{3.29} = 196.3$;	$\frac{0.41 \times 100}{0.79} = 51.8$;
Nach Quellung in der starken Alkoholmischung:	9.35	0.82
trocken:	3.29	0.79
Imbibirte Flüssigkeit:	6.06	0.03
Nach Procenten:	$\frac{6.06 \times 100}{3.29} = 184.1$;	$\frac{0.03 \times 100}{0.79} = 3.8$

Nach Quellung in der
10 procentigen Salzlösung: 10.49 Gr. 1.09 Gr.
trocken: 3.29 „ 0,79 „

Imbibirte Flüssigkeit: 7.2 „ 0.3 „

Nach Procenten: $\frac{7.2 \times 100}{3.29} = 218.8$; $\frac{0.30 \times 100}{0.79} = 37.9$

Nach Quellung in der
20 procentigen Salzlösung: 10.36 1.01
trocken: 3.29 0.79

Imbibirte Flüssigkeit: 7.07 0.22

Nach Procenten: $\frac{7.07 \times 100}{3.29} = 214.8$; $\frac{0.22 \times 100}{0.79} = 27.8$. —

Einmal fallen demnach die Imbibitionsprocente in den Reihen 242.5; 196.3; 184.1 und 62.02; 51.8, 3.8 (unsicher)

das andremal, 242.5, 218.8, 214.8; 62.02, 37.9, 27.8 mit Zunahme der Concentrationen an Alkohol und Chlornatrium, ohne dass aus den wenigen Zahlen, denen ich überhaupt nur eine beispielsweise Bedeutung beilege, ein Gesetz abzuleiten wäre, ausser der allgemeinen Bemerkung, dass die thierische Substanz ungemein viel imbibitionsfähiger ist und in den Werthen unter veränderten Verhältnissen weit weniger schwankt, als die pflanzliche. — Eine genauere Untersuchung unter besondrer Berücksichtigung der Temperatureinflüsse auf die Quellung habe ich im Gang. —

Lehrreiche Versuche über Imbibition hat Quincke in eigenthümlicher Form angestellt, indem, die quellbare Substanz ohne adhärirende Luft enthaltende, Glasröhrchen mit destillirtem Wasser gefüllt und durch ein Capillarrohr hermetisch verschlossen wurden; die in letzterem beobachtete Verschiebung eines Flüssigkeitsfadens, sofern sie durch Constanterhaltung der Temperatur von dieser unabhängig gestellt werden konnte, gab die Volumänderung, welche durch die Quellung der vor- und nach-her gewogenen Masse veranlasst ward.

100 Gr. nahmen in	Stunden	Gr. Wasser auf unter der	Volumenabn.:
Eiweiss	10	89	1.3 cub.cm.
„	26	136	2—3.5
„	36	145—164	4.2—5.2
Rind-Rippenknorpel	6.5	239	1.6—2.7
Kalb „ „	1.5	151—188	0.6—0.9
Ochsenharnblase	0.25	92	0.7—0.9

Man sieht, dass die Werthe der Volumen-Ab- und Wasser-Aufnahme einander nicht proportional laufen, sondern mit der Quellungs-Substanz verschiedentlich variiren; selbst bei der nämlichen ist das Verhältniss beider nur ein angenähertes, wobei, wenn die Annahme von Mittelwerthen bei doppelten Angaben und die Reduction auf gleiche Zeitintervalle gestattet ist, die Abweichung der empirischen auf's Volumen bezüglichen Resultate von den berechneten Verhältniss-

zahlen mit der Zeit namhaft steigt (für beziehentlich 20 und 30 Stunden von 0.477 auf 2.157). — Die aus dem Volumen des Quellungskörpers und dem der imbibirten Flüssigkeit berechnete Summe wurde nie erreicht, es findet also bei der Imbibition eine relative Zusammenziehung statt, welche auch in der mit der Zeit fortschreitenden Zunahme des specifischen Gewichtes eines in Wasser getauchten Knorpels constatirt wurde. Dies wird jedoch vermuthlich bloss auf die erste Phase des Processes sich beschränken und nicht als eine active Contraction aufzufassen sein, indem zunächst die Flüssigkeit in schon vorhandene leere aber in die Volumenberechnung der festen Masse mitaufgenommene Intermolekularräume dringt; wird darüber hinaus Wasser eingesogen, so kommt es wohl wie bei Benetzung fein gepulverter Kieselsäure später zu entsprechender Volumenzunahme. — Die Quellungsgeschwindigkeit erwies sich für die Harnblase am grössten, für gekochtes Hühnereiweiss am kleinsten, scheint also mit der Zahl und Ausbreitung der Angriffspunkte zu wachsen. —

§. 493. (zu §. 48 etc.) — Von neueren medicinisch-physikalischen Thatsachen zur Hydro-Diffusion ist unter Anderm erwähnenswerth, dass Aronstein bei der Darstellung salzfreier Albuminlösungen mittels Diffusion fand, dass Hämoglobin durch englisches, aber nicht durch deutsches Pergamentpapier dringe, was vermuthlich von der Bezugsquelle oder Bereitungsart des letzteren abhängt, deren Einfluss auf diosmotische Processe organischer Flüssigkeiten von mir viel beträchtlicher gefunden wird, als auf Lösungen krystallinischer Substanzen, deren gleichmässige Vertheilung vermuthlich dort, wo immer mehr oder weniger eine wenn auch noch so feine Suspension vorliegt, nicht entfernt erreicht wird. —

Den Durchtritt weisser Blutzellen durch die Capillarwände des Krötenmesenteriums beschrieb 1864 Waller, und bald danach denjenigen rother an der Zunge des lebenden Frosches. Cohnheim welcher diese wenig beachteten Thatsachen zum zweitenmal entdeckte, macht auf die hiezu nothwendige Veränderung der Gefässwände aufmerksam, welche Hering für eine vorübergehende oder periodische hält; indem anfangs die Körperchen an der inneren Schlauchwand adhäriren, werden sie unter zunehmendem Innendruck in die erst jetzt geöffneten Poren der Membran gepresst und können ähnlich filtrirten colloiden Substanzen durchtreten, ohne dass die Continuität der Häute bleibend gestört würde, deren cohäsive Plasticität vielmehr gerade durch die leichte Restituirung charakterisirt ist, wonach Beale's Risse der Capillarwand unnöthig, ja unzulässig erscheinen. — Die Diffusionsvorgänge, welche von in den Darm aufgenommenen Salzlösungen ausgehen, hat bekanntlich schon Justus von Liebig zum Gegenstand von Betrachtungen gemacht, in deren Verlauf er sich indess ausdrück-

lich gegen die Unterstellung verwahrt, als ob in ihren experimentalen Erfolgen eine allgemeine Erklärung für die Wirkung der Purgirmittel überhaupt beabsichtigt sei. Vielmehr wird nur eine physikalische Eigenschaft dargethan, welche vielen in Wasser löslichen Stoffen gemeinsam ist, doch aber nicht völlig von deren Qualität unabhängig sein kann, weil, wie der Autor selbst hervorhebt, Glauber- und Bitter- Salz in gleichen Mengen viel kräftiger wirken, als Kochsalz, dagegen Rohr-, Trauben- oder Milch-Zucker trotz ähnlich diosmotischem Verhalten gegen jenseit einer porösen Scheidewand befindliches Wasser im Darm nicht abführend wirken, weil sie vermuthlich in Berührung mit den Magenwänden und deren Secreten rasch verändert werden. — Wirksame Salzlösung verhält sich dreifach verschieden je nach der Concentration. Verweilt diese unter 1 prc. Chlornatrium, so wird die Flüssigkeit ungemein schnell resorbirt und erscheint nach kurzer Frist fast unverändert im Harn. Erreicht der Salzgehalt den erwähnten, ungefähr dem Blute eigenthümlichen Grad, so macht sich die höchlich verzögerte Aufnahme durch ein unangenehmes Gefühl der Schwere und Magenüberfüllung nach irgend reichlichem Genuss bemerkbar. Darüber hinaus geht gar nichts mehr in die die Darmzotten umspinnenden Gefässe über, vielmehr diffundirt möglicher Weise aus diesen verdünntere Flüssigkeit heraus und jedenfalls tritt die eingeführte Salzlösung selber mit erweichtem festem Darminhalt diarrhoisch aus. — In jüngster Zeit hat nun wieder Vulpian die diosmotische Wirkung der Abführmittel in Betracht genommen, aber wie es scheint in weiterer und zugleich physiologisch wesentlicherer Weise, als es dem rein physikalischen, eben darum seiner Resultate mehr versicherten, Experimentator vorschwebte.

§. 494. (zu §. 90—93.) — Ueber das Körpergewicht in Kinderkrankheiten hat 1873 Thaon Untersuchungen angestellt, bei denen er nur in Lorain einen Vorgänger findet. Er schreibt demselben oder vielmehr seiner Veränderlichkeit ein verkehrtes Verhältniss zur Intensitätskurve des Fiebers zu; Gewichtzunahme ist ein gutes prognostisches Zeichen in der Reconvalescenz. Dagegen steht dieselbe in deutlicher Beziehung zur Hautschwellung im Blatternexanthem, wie zum Fortschritt der Hautwassersucht, wo sie bis auf $^1/_6$ des ursprünglichen Gewichtes steigen kann. — Im gleichen Jahr verfolgte Kezmarsky die Gewichtänderungen Neugeborner, indem Wägungen an 73 reifen Kindern angestellt wurden. Als Durchschnittwerth ergab sich 3329.7 Gramm bei einer Körperlänge von 50.067 cm., und zwar für Knaben 3382.8 Gr. mit 50.298 cm., für Mädchen 3283.7 Gr. mit 49.866 cm. In den ersten Tagen nach der Geburt stellt sich oft eine Abnahme des Gewichtes wegen Fortganges des Kindspeches und cutaner Secrete ein; reiche Nahrungszufuhr

wirkt zwar provisorisch ausgleichend, und mit dem dritten Lebenstage beginnt ein merkliches Steigen der Körperschwere, aber vor Ablauf einer Woche wird kaum die Hälfte des ursprünglichen Verlustes wieder ersetzt. In der Regel verlieren Knaben weniger und gewinnen mehr an Gewicht in gleicher Zeit, als Mädchen; im Allgemeinen gedeihen schwere Kinder besser, als leichte, weil sich in der Regel mit dem grösseren Gewicht eine kräftigere Ausbildung der Organe verbindet und insbesondre das Saugen an der Mutterbrust, also die zur weiteren Entwicklung nothwendige Ernährung energischer vor sich geht. Im Besondren wurde constatirt der Gewichtverlust am ersten Tage zu $^1/_{26}$, am zweiten $^1/_{32}$ — $^1/_{40}$, am dritten $^1/_{475}$ — $^1/_{255}$ des Körpergewichtes, und eine Zunahme von 30.6 Gramm am vierten, 28.5 am fünften, 27.8 am sechsten, 34.4 gr. am siebenten Tag. — Ausserdem hat soviel ich weiss im bayrischen ärztlichen Intelligenzblatt Gg. v. Liebig Gewichtbestimmungen menschlicher Organe mitgetheilt, welche mir nicht rechtzeitig zugänglich waren. — In naher Beziehung zur betreffenden Frage, für deren Lösung dadurch nur auf verschiedenem Wege Material gewonnen wird, steht Langer's Untersuchung der Längenzunahme vom kindlichen bis zum männlichen Alter. Wird der Wachsthums-Coëfficient des Gesammtkörpers gleich 3.24 gesetzt, so beträgt er am femur: 4.38, an der tibia: 4.32, am humerus: 3.97, am radius: 3.83, an der Hand: 2.85, am Fuss: 2.88, an der Wirbelsäule: 3.0, am Kopf: 2.0. Von der Wirbelsäule wächst am schnellsten der Lendentheil, dann das der Brust, am langsamsten das dem Halse angehörige Stück. —

§. 495. (zu §. 106 etc.) — Die Vorzüglichkeit der organischen Gelenkmechanik besteht nach Prof. Dr. Kollmann einerseits in der, vom Entwicklungsaufbau der Gewebe selbst angelegten und verbürgten, stets aufs Vollkommenste dem örtlichen Sachverhalt und Gebrauch der Glieder entsprechenden Form der Endstücke an den Stellen wo die Continuität fester Massen durch eine innige Contiguität ersetzt ist, verbunden mit einer an Geschmeidigkeit und Unveränderlichkeit technisch unerreichbaren trefflichen Schmiere, anderseits in der für Herstellung und Erhaltung eines festen unverbrüchlichen Contactes im ersten und höchsten Grade geschehenden Benützung des Luftdruckes und der adhäsiven Flächenanziehung, denen gegenüber die allerdings auch höchst zweckmässig angeordneten Kapseln, Bänder und Muskelansätze eine untergeordnete secundäre Rolle spielen. Auch der zweite Vortheil der genauen Adhäsion und der ungeschwächten Einseitigkeit des Luftdruckes wird wie die exakte Begrenzung und Aneinanderpassung der Theile ihrer embryonalen Heranbildung verdankt, welche in einem der Atmosphäre vollständig verschlossenen mütterlichen Binnenraum die Aufnahme absolut lerer Intervalle ausschliesst. Der beson-

deren Gestalt nach zeigt uns der thierische Körper Kugel- oder Nussgelenke, wie an Hüfte und Schulter, wo der Kopf des beweglichen Gliedes in der dazu congruenten festen Pfanne nach jeder Richtung verschiebbar und jedesmal auch um eine von der entsprechenden Stellung des Längsknochens angedeutete Achse drehbar ist; Gelenke mit elliptischen Flächen, wie an der Hand; Sattelgelenke mit rechtwinkelig vereinter Convexität und Concavität, für die Verbindung des Daumens mit der Mittelhand; Winkelgelenke mit cylindrischen Flächen (Charnier), wo eine gefurchte Rolle in einer cylindrisch ausgehöhlten, mit, jenen Furchen entsprechenden, vorspringenden Leisten, versehenen Rinne ruht, wie an den Fingern und Zehen.

Indem jegliches Gelenk nicht bloss der Beweglichkeit sondern auch der dauernden Verbindung der Theile dient, also mit einem bestimmten Grade von Festigkeit ausgestattet sein muss, spielt an jeder derartigen Einrichtung die der ersteren Function gewisse Grenzen setzende Hemmung eine für die Articularmechanik massgebende Rolle. Sie wird ausgeführt durch Berührung des Pfannenrandes von dem mit seinem Kopf darin gedrehten Linearkörper, oder durch besondere Knochenvorsprünge oder mittels der vom Grade der Streckung und Beugung abhängigen Spannung der Kapselhäute und Bänder, oder durch Massen von Bindegewebe, Fett und Fleisch, welche zwischen zwei einander genäherten Knochen eingeschlossen werden. Die beiden ersten Widerstände einer excessiven Bewegung sind, solang der anatomische Bau erhalten bleibt, unüberwindlich, die übrigen können nie gänzlich beseitigt, aber in Folge der erhöhten Geschmeidigkeit und vergrösserten Excursionsweite, welche die betreffenden Organe durch von Jugend auf geübte systematische Bewegungsacte annehmen, so sehr hinausgerückt werden, dass unter Anderm die gewöhnlich auf 86° beschränkte Beugung und Streckung des Oberschenkel vom Becken ab gymnastischen Künstlern bis zu 140° möglich wird. —

§. 496. (zu §. 109 etc.) — Die für eine grosse Reihe von Bewegungen und Kraftleistungen höchst vortheilhafte Anordnung der Skeletstücke wird erst thatsächlich belebt durch die an geeigneten Punkten daran befestigten contractilen Muskeln, deren mit den Graden der Zusammenziehung wechselnde Längenerstreckung vermittels der an sich unveränderlichen bloss zur Befestigung dienenden Sehnen verschiedentliche Gegeneinanderstellungen der betheiligten Knochen hervorruft. Den activen Werth der muskularen Elemente können demgemäs die Sehnen nicht beanspruchen, aber ihre grosse Festigkeit gestattet bei namhafter Einschränkung der einzelnen Volumina innerhalb eines engen Raumes viele Uebertragungsfäden der Bewegung an entfernte Punkte und ohne gegenseitige Störung neben-

wie durcheinander verlaufen zu lassen. Am wunderbarsten tritt dieser äusserst complicirte und doch vollkommen sicher arbeitende Mechanismus an der menschlichen Hand hervor, deren der feinsten Kunstfertigkeit dienende, selbst höhere Sinne im Nothfall ersetzende Finger nicht durch directen Muskelgehalt ihre Zierlichkeit verlieren, sondern den Impulsen verhältnissmässig fern längs des Armes liegender Organe mit einer durch systematische Uebung bis fast unbegreiflicher Differenzirung der Acte steigerbaren Gewandtheit gehorchen, indem zahlreiche Sehnen, von denen die hinteren durch Schlitze ihres Gewebes die den vordersten Gliedern bestimmten durchtreten lassen, sich so ansetzen, dass im Allgemeinen nach dem mechanischen Schema des H e b e l s Drehungen der Knochenstücke um das gegebenen Falles als Hypomochlion functionirende Gelenk stattfinden, wobei das räumliche Verhältniss der drei charakteristischen Hebelpunkte im Interesse der hier in den Vordergrund gestellten Vielfachheit und Geschwindigkeit der Bewegungen so bestimmt ist, dass die feinsten, mit den specifischen Leistungen betrauten Ausläufer des Systemes geringen Ortveränderungen der Kraftansatzpunkte mit grossen Excursionen antworten. Wo dagegen mehr die Intensität der Kraftentfaltung zur Ueberwindung eines beträchtlichen Widerstandes in Betracht zu nehmen war, musste, da nach den übrigen anatomischen Eigenthümlichkeiten der thierischen Architektonik der Ersatz des e i n a r m i g e n W u r f- durch den D r u c k - H e b e l beinahe durchweg ausgeschlossen erscheint, die zu bewältigende Last dem Angriffspunkt der bewegenden Kraft näher gerückt werden, wie gegenüber den Kaumuskeln, deren zwischen den Backzähnen geübte Leistung aus der beispielsweisen Angabe erhellt, dass das Aufknacken einer Nuss den Druck von 70 — 90 Kilogramm fordert. Im Vergleich dazu heben die Wadenmuskeln eines auf die Zehen gestützten Menschen 70 Kilogramm, welcher Werth, wenn „die Länge des Hebelarmes und die Entfernung des Angriffspunktes vom Sprunggelenk bis zum hintren Ende des Fersenbeines" in die Rechnung aufgenommen wird, nach K o l l m a n n auf das 80 fache steigt; (die Tagesarbeit des linken Herzens wird von demselben Forscher zu 63800, diejenige der Athmung auf 10000 Kilogrammmeter veranschlagt). — Die ä u s s e r e A r b e i t d e s G e s a m m t k ö r p e r s aus den elementaren Leistungen der betheiligten Muskeln zu berechnen, wäre theoretisch correct, scheitert aber factisch an unendlichen Schwierigkeiten. Die empirische Bestimmung der unmittelbaren Resultate sinnenfälliger Thätigkeiten unter Berücksichtigung der Zeit und sonst einschlägiger secundärer Momente führt kürzer, wennschon weniger sicher zu Werthen, von denen unter Anderm die stündliche Arbeit eines auf horizontalem Wege gehenden Erwachsenen 25000 Kilogrammmeter, beim Ersteigen eines 2000 m. hohen Berges aber in beliebiger Zeit für ein Körpergewicht von 70 kgr. 140000 kgrm. beträgt, wäh-

rend im Tretrad mit 24° Steigung binnen 8 Stunden der Mensch eine Arbeit von 345000 kgr.m. zu verrichten vermag. Nach Burg's Compendium der Mechanik (Wien 1849) ist die Arbeit eines Mannes, der eine Last von 50 kgr. mit einer Geschwindigkeit von 0.04 m eine Stiege hinaufträgt, und dies, jedesmal ler herabsteigend, durch 6 Stunden wiederholt, für den Tag rund 56836 kgr.m.; diejenige eines Arbeiters, der auf einer Schaufel Erde 2.5 kgr. schwer in jeder Sekunde 0.375 m hoch wirft, in 10 Stunden 33582 kgr.m.; die eines Kurbeldrehers, der in 1 sec. einen Widerstand von 7 kgr. durch eine Strecke von 0.75 m. besiegt, in 8 Stunden 150447 kgr.m.; die eines vor dem 62.5 kgr. schweren (beziehentlich den entsprechenden Reibungswiderstand leistenden) Wagen im Schritt mit der Geschwindigkeit von 0.84 m. zehn Stunden lang gehenden Pferdes 1880596 kgr.m. die eines Packpferdes im Schritt oder Trab, wobei Lasten und Geschwindigkeiten beziehlich 107 und 70 kgr., wie 1 und 2 m. betragen, resp.: 4043283 und 3685970 kgr.m. —

§. 497. (zu §. 110). — Obwohl bei den äusserlichen Bewegungen und Stellungen des Körpers die Muskeln der Gliedmassen und einige denselben unmittelbar zugetheilte des Stammes die überwiegenden dynamischen Aufgaben am Organismus lösen, ist doch auch der Rumpf an sich betheiligt bei mechanischen Leistungen rein externen Charakters, welcher nur deshalb weniger in die Augen springt, weil er häufig in einer anscheinend ruhenden Situation des Körpers erst der genaueren Betrachtung sich verräth. — Das Sitzen auf horizontaler Unterlage mit aufrechtem Rückgrat bietet in dieser Hinsicht besonderes Interesse, seit die aufmerksame Gesundheitspflege unserer Tage skoliotische Verkrümmungen vornehmlich vom schädlichen Einfluss der, dem organischen Sitzmechanismus ungünstigen, Schulbänke herleitet. Der sitzende Körper stellt einen zweiarmigen Winkelhebel dar, dessen Drehachse im Hüftgelenk liegt; der eine Arm, welcher in wagrechter Erstreckung wenigstens zum Theil auf einer Unterlage ruht, wird von den Oberschenkeln gebildet, an denen Unterschenkel und Füsse von der Kniebeuge an gewöhnlich vertikal herabfallend ohne weitere Bedeutung sind, wenn letztere, wie es sein soll, auf einer sicheren Fläche ruhen, während deren Mangel oder ungeeignete Gestalt in Folge des herabziehenden Gewichtes der nicht unterstützten Massen eine fernere ungebührliche Complication in den Sachverhalt hineinträgt; der andre Hebelarm wird von Kopf, Hals und Rumpf dargestellt, deren gemeinsamer in der Nähe des neunten Brustwirbels gelegener Schwerpunkt bei der kleinsten Verrückung aus einer, der von Beckenknorren und Schenkelumrissen angedeuteten Unterstützungsfläche entsprechenden, Mittellage allseitige Schwankungen des Oberkörpers hervorruft, welche bei Schwäche, Ermüdung und begin-

nendem Schlummer des Sitzenden wirklich eintreten, periodisch bewusst oder unwillkürlich durch Aufsuchung vermehrter Stützpunkte mittels Anlehnen der Brust, Aufstülpen oder Legen der Arme, Senkung oder Hohlhandumspannung des Kopfes vermieden und corrigirt, bei von fremdem Befehle oder eigenem Willen erzwungener Straffheit der Haltung aber bloss durch die Anstrengung der längs der Wirbelsäule verlaufenden Muskulatur hintangehalten werden. Dies flache complicirte Muskelsystem mit sehr zahlreichen Ansatzpunkten, doppelzackig an den Lendenwirbeln, an den Rippen, an der untren Fläche des Hinterkopfes, mehrfach durch neue Stränge verstärkt, welche vom tieferen Ursprung an Wirbeln zu höheren Ansatzpunkten gehen, streckt bei gemeinsamer Contraction die Rückenkrümmung und gleicht bei einseitiger Thätigkeit die entgegengesetzt stattgehabte Biegung des Rumpfes aus; seine mächtige Leistungsfähigkeit ist der Zeit nach namhaft beschränkt, so dass selbst starke Männer in oft wiederkehrenden Pausen eine theilweise Entlastung und Erholung suchen, Kinder aber bei ihrer für verändernde Eindrücke noch höchst empfänglichen Körperstructur die in Folge zu langer Dauer unbequemen Sitzens oder unzweckmässiger Vorrichtungen dazu instinctiv und aus Ermattung, nur zum kleinsten Theile durch üble Gewohnheit eintretende Verbiegung des Rückgrates als ein zeitlebens sie entstellendes und belästigendes bloss in den zarteren Entwicklungsstadien erfolgreich durch gymnastische Uebungen bekämpfbares Uebel erwerben. Um die Entstehung der Skoliose gegenüber den desfallsigen ungeeigneten Ansprüchen der Schule an die Jugend möglichst zu verhüten, wird verlangt, dass der senkrechte Abstand zwischen Sitzbank und Tischplatte der Entfernung der Ellbogenspitze des ungezwungen am Rumpfe liegenden Oberarmes von der Bankfläche gleiche, den Rand dieser aber das Schreibebrett um 2 — 3 cm. überrage; letzteres sei nach Kunze (Leipzig 1869) 45 cm. breit, wovon 9 cm. horizontal, 36 cm. schräg unter einem Gefäll von 6 cm. liegen; die 30 cm. breite Bank erhalte eine mindestens 15 cm. hohe Lehne. —

§. 498. (zu §. 111 etc.) — Nach Volkmann's Theorie der Muskelkräfte soll ein gleichzeitig tetanisirter und belasteter Muskel seine natürliche Länge bewahren, wenn Verkürzungskraft und Dehnungslast sich im Gleichgewicht halten. Das Verhältniss zwischen der Dehnung des ruhenden belasteten Muskels: d, und der Hubhöhe des unbelasteten gereizten: h wird zu 0.36 bestimmt, wonach, wenn l die Länge des ruhenden Muskels bedeutet $\frac{d}{l} : \frac{h}{l}$ eine constante Relation darstellen müsste, d. h. die Dehnbarkeit des ruhenden und die Contractilität des thätigen Muskels stünden in einem bestimmten Verhältniss, dessen Sicherheit nur aus der gemeinsamen Abhängigkeit jener Erscheinungen von den elastischen Eigenschaften des Organes

sich erklären liesse, von welchem schon Weber behauptete, dass die Verkürzung ausschliesslich auf Rechnung der Elasticität zu setzen sei. Bedeutet δ diejenige Dehnung des thätigen Muskels, welche vom nämlichen Gewicht in gleicher Weise abhängt, wie die davon bewirkte Dehnung d des ruhenden, so ist $h = \delta$, indem, falls Contraction und Dehnung dieselben, bloss im entgegengesetzten Sinne zu Tag tretenden Functionen der Elasticität sind, am nämlichen Organ unter gleichen Bedingungen von der einen nicht mehr geleistet werden kann, als von der andren. —

Derselbe Forscher macht in Betrachtung der Drehbewegungen des Körpers auf die spiralförmige Anordnung der Stammmuskeln aufmerksam, deren rotirender Einfluss auf das Rückgrat von der Dicke der Zwischenwirbelscheiben begünstigt, von der Ausdehnung ihres Querschnittes gehemmt wird. An den Extremitäten eignen sich die Horizontalfasern der Auswärtsroller vorzüglich für die Drehung, welcher die der Längsachse parallelen Einwärtsroller nur bei Herumwindung ihrer Fasern um den Knochen dienen können. Im Winkelmass der Sexagesimaltheilung des Kreises beträgt bei festen Füssen und steifen Knien die Drehung im Becken, bei welcher die Körperbreite um 6 — 26 mm abnimmt, 66 — 88°, für Becken und Rücken 91 — 113°, für Becken, Rücken, Hals und Kopf 147 — 175°, für Rücken, Hals und Kopf 77°, für Hals und Kopf 53°, für den Rücken 25°, den Hals 21°, den Kopf 32°. —

§. 499. (zu §. 115.) — Jede Contraction der linken Herzkammer, deren Thätigkeit unter den inneren Arbeiten des Organismus am besten bekannt und am wichtigsten ist, befördert durchschnittlich 188 gramm Blut in die Aorta mit einer Kraft, welche einer Hebung dieser Masse um 3.2 m. äquivalent gesetzt werden kann, wonach durch Abrundung der Zahlen auf 200 und 3 eine Arbeit von 0.6 kgr. m. erwächst, während diejenige der rechten Herzkammer ungefähr 0.2 krg. m. beträgt,; also insgesammt für die beiderseitige Kammersystole 0.8 kgr. m.; 70 Pulsschläge in der Minute oder 4200 in der Stunde stellen mithin eine Arbeit von 3360 kgr. m. dar, welche für die Dauer eines Tages auf 80640 kgr. m. anwächst. — (Berechnung nach Kollmann mit etwas hohen Werthannahmen.)

§. 500. (zu §. 119.) — Volkmann's 1868 bekannt gewordene Distractionsmethode der Gelenke wird namentlich zur Behandlung der Coxalgie von Schede gerühmt; die Besserung erfolgt überraschend schnell, während ausserdem eine dem Druck proportionale Zerstörung fast unvermeidlich ist. Die permanente Extension beseitigt fast immer die fehlerhafte Stellung des Oberschenkels gegen das Becken, ist sehr wirksam gegen Luxationen bei gleichzeitiger über

Rollen ausgeübter Contraextension, wie gegen Entzündungen oder Contracturen des Kniegelenkes und erleichtert die Heilung nach, im Gebiet von Gelenken vorgenommenen, Resectionen. Die angewandten, von passend befestigten Heftpflasterstreifen und Schlingen, für welche neuerdings Ranzain Collodiumverbandstücke vorschlägt, sicher getragenen Gewichte bewegen sich zwischen 7 und 15 Kilogramm, kommen jedoch in Amerika in weit höheren Werthen zum Gebrauch. — Hier fand die Gewichtextension in Lewis-Sayre zu New-York einen eifrigen Vertreter, besonders zur Druckverminderung an Gelenkflächen, welche sonst leicht resorbirt werden.

Anhangsweise darf hier vielleicht ein jedoch nur in der äusseren Form der viel feineren und in ganz andrem Sinne geübten Application dem vorigen einigermassen verwandtes Verfahren erwähnt werden, mittels dessen Nussbaum in München lang bestandene Anästhesie und Krampf, muthmasslich traumatischen Ursprunges, durch Blosslegung und Dehnung der untersten vier Halsnerven nächst der Wirbelsäule heilte. —

§. 501. (zu §. 121—127). — Die menschliche Pulswelle geht mit einer mittleren Geschwindigkeit von 9 m fort, ist demnach während der durchschnittlichen Dauer einer Herzcontraction ungefähr um 3 m mit der äussersten Bewegungsphase über den Anfang der Aorta hinausgekommen; bei solch schneller Verbreitung ist der Zeitunterschied zwischen Herzschlag und Radialpuls fast unmerklich oder doch gering genug, um für die gewöhnliche ärztliche Untersuchung letzeren dem ersteren substituiren zu dürfen. In 23—24 sec. kann die Umlaufzeit der menschlichen Blutmasse beendet sein, wobei indess zu bedenken ist, dass nach der anatomischen Situation nicht jedes Bluttheilchen an sämmtliche Stellen der Circulationsröhren gelangt, sondern je nach der ihm zugewiesenen Strömungsprovinz früher oder später zum Herzen zurückkehrt. Natürlich stellt die gemeinsame Geschwindigkeit der Blutströmung bloss einen Durchschnittwerth dar, denn in Wirklichkeit nimmt dieselbe mit der weiteren Entfernung vom Herzen namhaft ab und beträgt in der Aorta 400 mm, in der Carotis 300 mm, in einer kleinen Fussarterie 50 mm., in einem mikroskopisch feinen, doch noch dem arteriellen System angehörigen, Gefäss 8 mm, in den eigentlichen Capillaren aber nur 0.8—0.9 mm. in der Secunde. In den Venen endlich ist die Bewegung so träg, dass namentlich da, wo nach deren Verlauf die Schwere zu überwinden war, der Gefahr der Rückströmung durch besondre, bloss den richtigen Flüssigkeitslauf gestattende, Taschenventile vorgebeugt werden musste. In beschränktem Grade wurde die Blutbewegung innerhalb der Gefässe von der Herzaction unabhängig gestellt, indem bei voller Regelmässigkeit derselben die auf die regulatorischen Im-

pulse der sympathischen Nerven in verschiedene Contractionszustände verfallenden Muskelschichten der grösseren Arterien bedeutende Localdifferenzen des Blutlaufes in den einzelnen Organen zeitweise hervorrufen und selbst nach dem mortalen Stillstand des Herzens das gesammte Blut aus der daher bis auf Harvey für lufthaltig erachteten Abtheilung des Gefässsystemes vertreiben. Im Capillargebiet sind die desfalligen, theils noch in die Breiten der Gesundheit fallenden, theils eine Krankheit vorbereitenden oder bedingenden Modificationen der mechanischen Werthe in absolutem Sinne geringer, relativ aber um so bedeutungsvoller, als die hier meist in erster Linie stehenden Molekularanziehungen auf ungeheuren Flächen wirksam sind; die nahe 36 Volumenprocente des Blutes bildenden rothen Körperchen nämlich, denen die hauptsächlichste Rolle in den stofflichen Metamorphosen des Lebens zufällt besitzen, wenn gegen 5 Millionen in 1 cub. mm. Blut angenommen werden, nach Welcker zusammen eine Oberfläche von 28169 m. — Der an den Seitenwänden der Gefässe manometrisch erkenntliche Druck des Blutes beträgt in der Aorta 0.25 m Quecksilber = 3 m Blut, in der Armschlagader 0.11—0.12 m, und nimmt gegen die Cordialmündungen der Venen bis zu 0 ab. Je näher dem Herzen daher der Hauptstamm eines seitlichen Gefässsystemes entspringt, desto voller und energischer wird die Bewegung in ihm, und hiemit auch die Ernährung und Functionsfähigkeit des versorgten Organes unterhalten. Man bringt damit die Thatsache in Zusammenhang, dass in der Regel der rechte Arm, dessen Schlagader (subclavia) meist mit einem der Carotis gemeinsamen Anfangstück dem Herzen näher aus der Aorta kommt, als das entsprechende linke Gefäss, eine circa 7 prc. betragende höhere Entwicklung und Gewandtheit erhält, während die im Verhältniss von 2 zu 100 vorkommende Linkshändigkeit aus einer anatomischen Anomalie resultirt.

§. 502. (zu §. 128.) — Der Gewichtverlust fester Körper in Flüssigkeiten kommt relativ am meisten unter den thierischen Organen dem Gehirn zu gut, indem es in der Cerebrospinalflüssigkeit schwimmend oder vielmehr von derselben allseitig umgeben und im specifischen Gewicht sie nur wenig übertreffend ungefähr 97.8 prc. seines Rohgewichtes verliert, also auf den Boden der Schädelhöhle einen Druck von höchstens 30 Gramm ausübt, dessen Geringfügigkeit im hohen Interesse einer freien Circulation des Blutes liegt. Die vier grossen Arterien an der Hirnbasis würden nämlich sicher durch den auf 1300—1400 Gramm veranschlagbaren absoluten Druck der Gehirnmasse so sehr comprimirt, dass deren Ernährung und hiemit die wichtigste Function des Organismus jeden Augenblick in Frage gestellt wäre. Nicht minder wichtig ist die besagte hydrostatische Entlastung für die der untren Fläche nahliegenden Theile

des Gehirnes selbst und die daselbst entspringenden Kopfnerven, deren Compression Lähmung, überhaupt Functionsunfähigkeit der betreffenden Theile zur Folge hat. Der blosse Abfluss der im erwachsenen Menschen höchstens 0.07 litre ausmachenden Cerebrospinalflüssigkeit, aus Eiweiss und Kochsalz in 98 Theilen Wasser bestehend, bei plötzlicher Verwundung der arachnoidea zum Zeichen eines bestandenen internen Druckes im Strahle hervorspritzend, bewirkt ohne jegliche Verletzung der Centralorgane die aus den Modificationen der Pressungen ableitbaren psychischen, sensuellen, sensiblen und motorischen Störungen, welche erst nach Verheilung der Spalte mit Neubildung der flüssigen Füllung schwinden. — Die Regulirung der cerebralen Druckverhältnisse ist der Blutvertheilung und der Athmung übertragen. Vielfach verzweigte Venennetze an der harten Hirnhaut erlauben vor dem andrängenden Hirnwasser den raschen Abfluss des Blutes gegen den Unterleib, woselbst bei der Ausathmung wegen des emporgestiegenen Zwerchfelles der Druck vermindert ist, während bei der Inspiration das herabgedrückte Diaphragma eine positive Stauung in den Bauchvenen, hiemit eine Anschwellung der Blutleiter im Wirbelkanal und ein Emporgehen des Hirnwassers hervorruft. — Kellie hatte unter den Voraussetzungen absoluter Anfüllung der Schädelhöhle und vollkommener Gleichheit der ein- und austretenden Blutvolumina Constanz der Blutfülle im Kopf behauptet, welche jedoch kaum besteht, wenn schon zugegeben werden kann, dass gewisse Hemmnisse einer vollständigen Entleerung der Schädelgefässe vorhanden sind, welche wegfallen, wenn von Aussen an ungewohnter Stelle der Luftzutritt ins Innre der Schädelhöhle gewährt wird. Lässt man nämlich Thiere nach vorgenommener Trepanation sich verbluten, so behält ihr Kopf keineswegs wie bei Unterlassung jener Operation den grössten Theil seines Blutgehaltes, sondern das Gehirn wird vollständig anämisch und schrumpft nach Entlerung der zu Zwirnsfäden verdünnten Gefässe zusammen. Dieselben Momente, welche unter gewöhnlichen Umständen die gänzliche Entlerung des Schädels vom Blute hindern, verhüten auch dessen Ueberfüllung damit. — Der Luftdruck, dessen Einfluss auf den Schädelinhalt James Cappie untersucht, kann in der Regel durch die festen Knochenwände direct von Aussen nicht einwirken, wohl aber mittelbar wegen Fortpflanzung der an der freien Körperoberfläche stattfindenden Pressung durch die Blutsäule in die inneren Leibeshöhlen. Irgend beträchtliche einseitige Wirkungen treten indess dabei nicht zu Tag, weil der Luftdruck im positiven Sinne dem Blutlauf in den Arterien ebenso sehr förderlich ist, als er denjenigen innerhalb der Venen beeinträchtigt. Wenn daher die Erfahrung, dass der Druck eines umgebundenen Tuches Kopfweh, namentlich frontalen Sitzes, zu lindern vermag, für eine interne Wirkung äusserlicher Pressung zu sprechen scheint, dürfte

wohl der bekannte günstige Einfluss mechanischer Comprimirung auf neuralgische Affectionen der in erster Linie, vielleicht ausschliesslich ergriffenen cutanperipherischen sensiblen Organe mehr in Betracht kommen, als die besten Falles im Effect jedenfalls höchst geringfügige Beziehung eines Stirnbandes zu den ziemlich verwickelten Spannungen im cerebralen Circulationssystem. Für dieses ist am Centralorgan selbst der fast rein capillare Charakter gewahrt, während zahlreiche weite mannigfach geschlängelte Gefässe der pia mater je nach Bedürfniss für eine rasche Modification der Blutvertheilung sorgen, welche wichtiger erscheint, als eine fast gänzlich ausgeschlossene Alteration der Blutmenge. Die Hervorwölbung des Schädelinhaltes an kindlichen Fontanellen oder an späteren Läsionsstellen beweisen die positive Bedeutung der internen Druckverhältnisse, deren Regulirung unter vorausgesetzer Constanz der im Verlauf erwähnten äusseren Momente vornehmlich in der die Lebensthätigkeit des nervösen Centralorganes erhaltenden diosmotischen Wechselwirkung zwischen Blut und Gewebsaft liegt. Sobald diese gesteigert wird, kommt es zu Beschleunigung des Blutlaufes und Erhöhung des Druckes in den Hirngefässen, während einer Verminderung der venösen Füllung eine vermehrte arterielle und capillare Spannung entspricht. Der von Cappie den Ganglien in der Schädelhöhle für die Selbständigkeit der intercraniellen Circulations- und Druck-Verhältnisse zugeschriebene Werth fällt ausserhalb des hier massgebenden Gesichtpunktes. —

§. 503. (zu §. 132.) — In einer Zusammenstellung der gegenwärtig brauchbaren Apparate zur künstlichen Respiration (Schmidt's Jahrbücher der Medicin 1875, erstes Heft) gibt Knauthe einige für die physiologische oder therapeutische Bedeutung des Luftdruckes bemerkenswerthe Notizen. Das erste „domicilium" für Anwendung verdichteter und verdünnter Luft soll aus dem Jahre 1664 von Henslaw stammen. In ernstlichen und weiteren Gebrauch kamen diese Agentien erst 1834 durch Junod, 1838 durch Tabariè, 1840 durch Pravaz. Die örtliche Anwendung comprimirter Luft bei Emphysem empfahl und ermöglichte 1870 Hauke*); Waldenburg, welcher an diesem physikalischen Heilmittel mehr noch als an andren Arbeit mit constanter Kraft verlangt, führte in weiteren Kreisen transportable pneumatische Apparate ein, die von Windler in Berlin um 150 Mark gefertigt werden, Dobell construirte eine Residualluftpumpe, Stoerk einen Respirations-Schwing- oder Schaukelkessel, Hoegges benützte zur künstlichen Athmung das Wassertrommelgebläse, und Simonoff

*) pneumatischer Panzer, um durch Verdünnung der äussern Atmosphäre dem Druck der Lungenluft das Uebergewicht zu verschaffen.

erinnert an die mögliche Luftcompression durch eigenes Sichaufblasen, was doch wohl nur in ergiebiger, übrigens stets kurz vorübergehender Weise gesunden und kräftigen Leuten gelingt, demnach für die therapeutische Technik völlig ausser Betracht fällt.

Als Wirkungen bei der Inspiration verdichteter Luft wie bei der Ausathmung in eine comprimirte Atmosphäre werden angegeben: Druckerhöhung im Aortensystem, Steigerung des arteriellen Blutzuflusses, Hemmung der venösen Aspiration zum rechten Herzen, vermehrte Blutfülle im grossen, verminderte im kleinen Kreislauf, Verlangsamung des Pulses. Man braucht sämmtliche angeführten Erscheinungen bloss in ihr Gegentheil umzuformen, um die Effecte der Einathmung expandirter Luft oder der Exspiration in eine verdünnte Atmosphäre zu erhalten. Dührssen bezweifelt die Constanz und Nothwendigkeit des beschriebenen Symptomencomplexes und reducirt ihn auf Thoraxerweiterung und Hebung des Blutkreislaufes in comprimirter, Beeinträchtigung des letzteren und eine auf die unteren Regionen beschränkte Einengung des weiter oben eher sich ausdehnenden Brustkorbes in verdünnter Luft. —

Gegen Schluss des verflossenen Jahres wurde im neu errichteten Meraner Kurhaus eine nach dem zu Reichenhall acceptirten Modell construirte pneumatische Kammer eröffnet, welche Raum für vier Personen bietet. Mit ausreichenden Apparaten für Ventilation, wie Erwärmung oder Abkühlung der zugeführten Luft ausgestattet wurde sie nach Dr. Pircher's Angaben mit einer principiell dem Waldenburg'schen Inhalationssystem entnommenen Vorrichtung versehen, welche dem in der Kammer befindlichen Individuum bei ungestörter Einathmung comprimirter Luft die Exspiration nach Belieben in verdichtete, normale oder verdünnte Luft ermöglicht. In der Kammerwand sind nämlich elastische Schläuche eingesetzt, welche sowohl mit der freien Atmosphäre, als mit einem durch eine Luftpumpe beliebig evacuirbarem Behälter communiciren können, innen aber Ventil und Gesichtsmaske tragen, die der Patient unter Oeffnung jenes auf der Höhe der Inspiration anlegt, um nach vollbrachter Ausathmung durch Verschluss desselben und Wegnahme des Mundstückes unter die internen Compressionsverhältnisse zurückzukehren. Um nicht den ganzen Körper dem verstärkten Luftdruck aussetzen zu müssen, ist endlich die Einrichtung getroffen, dass der Patient ausserhalb der Glocke durch einen Schlauch die comprimirte Luft aus der Kammer beziehen und dann unter regelmässigem oder vermindertem Druck ausathmen kann.

§. 504 (zu §. 134—136.) — Buck findet die akustischen Schwingungen des Hammer, dessen Zug am Trommelfell dasselbe nach Politzer zur stärkeren Wahrnehmung der (Stimmgabel-) Töne wölbt, lebhafter

als diejenigen der übrigen Gehörknöchelchen, und zwar 2mal so gross als die am Ambos, 4fach grösser, als die des Steigbügels. Die Schwingungen der Knöchelchen sollen bei sehr tiefen, wie ausnehmend hohen Tönen verhältnissmässig am schwächsten sein. Ihre pathologischen Veränderungen sind fürs Hören schädlicher, als diejenigen der membranösen Ohrtheile. — Rüdinger nimmt zwischen den einzelnen Gehörknöchelchen ächte Gelenke an, deren Ausbildung und Functionirung Brunner bezweifelt; jedenfalls findet Aufnahme und Weiterleitung der Schallschwingungen in ihrer Kette auf vortheilhaftester Weise statt, so dass die Membranexcurse am runden Fenster denen des Hammergriffes vollkommen gleich sind. Die Excursionen hängen übrigens auch von muskularen Spannungen ab, in welcher Hinsicht die nämliche Spannung des tensor tympani die den höheren Tönen entsprechenden Schwingungen weit weniger modificirt, als diejenigen tiefer, während der Einfluss des Stapedius gleich zu sein scheint. Am ergiebigsten fallen die Bewegungen, oder die von ihnen repräsentirten Nutzeffecte am Trommelfell aus bei Verschluss der Eustachischen Röhre, deren Offenhaltung indess im Allgemeinen zur Ausgleichung von Druckunterschieden unerlässig ist. Ausserdem erscheint die Nebenverbindung der Paukenhöhle mit unregelmässigen Hohlräumen und kleinen Ausbuchtungen diensam zur Vermeidung störender Resonanzen, welche in einer einfachen grösseren regelmässigen Höhle auftreten müssten. —

Von Specialitäten, schon theilweise wenigstens in ätiologicher und diagnostischer oder symptomatischer Hinsicht ins Gebiet der Otiatrik hineinragend, sei erwähnt, dass Blake das Perceptionsvermögen höherer Töne vornehmlich an Modificationen der Schall leitenden Stücke bindet, dasselbe bei vermehrter Trommelfellspannung, welche indess sowohl nach Savart's allgemein akustischen Untersuchungen, als laut den vermittels der Eustach'schen Röhre pathologisch oder experimentell gewonnenen Erfahrungen die Aufnahme der Schallwellen beeinträchtigt, gesteigert, und im Alter vermindert fand; dass nach Urbanschitsch der Ton senkrecht gehaltener angeschlagener Stimmgabeln erlischt, sobald bei ihrer Rückwärtsbewegung vom unteren Rand des os zygmtc. aus die oberen Enden am untren Ausläufer des tragus anlangen, während eine zweite taube oder Schallinterferenzstelle am helix von jener Linie geschnitten wird; dass das unter starker Membranspannung eintretende Höherhören der Töne bei vollständigem Verschluss der Tuben bis auf eine Terz oder selbst Quint steigen kann, durch Ausgleichung des Druckes aber augenblicklich corrigirt wird; dass übermässiger Druck im Labyrintwasser, dessen Erschütterung erst die Folgen einer äusseren, insbesondre Trommelfell-Läsion bedenklich macht, subjective brummende Gehörempfindungen hervorruft, welche verschwinden,

wenn die als Reiz auf den nervus acusticus fortgepflanzte intralabyrintäre Pressung beseitigt werden kann, was mittels Durchschneidung der Sehne des Trommelfellspanners gelungen sein soll. — In einem der halbkreisförmigen Kanäle fand Politzer, indem er einem unmittelbar zuvor getödteten Hunde ein Manometer applicirte, Vermehrung des Druckes auf Reizung des nerv. trigeminus. Die letzt erwähnten Bestandtheile der anatomischen Anlage des Gehörwerkzeuges sind, weil schon die ganz anders gebaute Schnecke den Hörwahrnehmungen in vollständigster Weise zu dienen scheint und Flourens mit Zerstörung der ersteren Thieren die Fähigkeit raubte, den Körper regelmässig aufrecht zu erhalten und geordnete Bewegungen auszuführen, von Goltz zum Sinnesorgan des Gleichgewichtes proclamirt werden, was insofern physikalisch und functionell begründbar wäre, dass der sensible Reiz der Ampullarnerven, welcher von der vom einwärts schwingenden Steigbügel hervorgerufenen Bewegung der Endolymphe ausgelöst wird, je nach der Richtung des Bogenganges und der darin verlaufenden Welle zu gesonderter, eine bestimmte Raumvorstellung erweckender Empfindung gelange. Doch will Böttcher die angegebene thierische Gleichgewichtstörung auf Durchschneidung der Halbzirkelkanäle nicht bestätigt gesehen haben. — Die hohe Bedeutung, welche im Interesse der akustischen Acquivalenz- oder Stabilitätstheorie von Budge dem musc. stapedius und seinem vom facialis abstammenden Nerven zugeschrieben wird, erhält durch Brown-Sequard's Beobachtung gestörten Gleichgewichtes nach verletztem Ursprung des nerv. fac. eine Stütze, welche jedoch wie die Annahme selbst zu sehr physiologischen Charakters ist, um hier weiter verfolgt zu werden.

§. 505. (zu §. 140—142.) — In Luschka's Arbeit über den menschlichen Kehlkopf (Tübingen 1871.) ist das früheste Verdienst, die Dimensionsveränderungen der Stimmritze beim Singen laringoskopisch gezeigt zu haben, Merkel (Anthropophonik, Leipzig) gegenüber von Bruns vindicirt. Jener Forscher gründet auf die Geradmachung der freien Stimmbandränder durch die Zusammenziehung des musc. vocalis eine Register-Theorie, welche zwar vielfache laringoskopische Bestätigung findet, aber der Ludwig'schen nicht in allen Punkten überlegen zu sein scheint. Jedenfalls ist des Letzteren Unterscheidung der functionellen Phänomene der Stellung und Spannung, denen am Kehlkopf besondre danach benannte Knorpel dienen mit jeder sonstigen speciellen Modification der Schwingungsvorgänge vereinbar. Als Stellknorpel fungiren die cartilagines arytenoideae, deren Stimmfortsätze mittels der musc. crico- oder thyreo-arytenoidei sich so einander nähern, dass die normale Verengerung zwischen den Stimmbändern bis zu einer gewissen, einer bestimm-

ten Tonbildung entsprechenden, Grenze gesteigert wird. Die an erster Stelle erwähnten Muskeln bewirken eine etwas schiefe Stellung der Vibrationslamellen, welche daher vornehmlich an den Säumen in Schwingung gerathen, deren relativ schwaches in der Fistelstimme zu Tag tretendes Resultat von geringer Ausdauer ist, weil aus der verhältnissmässig weiten Spalte die Luft schnell entweicht; dagegen kommen sie unter Einfluss der zweiten Muskulatur in horizontale Lage und grössere Randannäherung, womit der wegen des letzteren Momentes länger vorhaltende Luftstrom die über die ganze Masse einschliesslich der Ansatzkorpel verbreiteten kräftigen Schwingungen des Brusttones hervorrufen kann. — Die physiologische Drehung des Spannknorpels (cartilago thyreoidea) um eine Achse, welche vom Grundknorpel (cart. cricoidea gegen die untren Schildhörner läuft, überschreitet die hier gezogenen Grenzen der Betrachtung. Dagegen sei noch Helmholtz' Angabe erwähnt, dass das an den Stimmbändern haftende weiche unelastische Gewebe die Schwingungen des Brustregisters als träge Last verlangsamt, während für die leiser und schneller verklingenden Falsetvibrationen jene Schleimhautanhängsel zur Seite gezogen sind. — Uebrigens dürften von diesen lockeren Adhäsionen bindegewebiger und mucöser Massen an den Stimmbändern manche abnorme Modificationen ihrer phonetischen Leistungen herzuleiten sein, welche zuweilen mit weniger Recht auf muskulare oder nervöse Veränderungen bezogen werden. Hinsichtlich der letzteren wird die Erfahrung, dass die (elektrische) Reizung des ganzen nerv. laring. sup. das Zwerchfell erschlafft, diejenige des äusseren Astes aber nicht, in mir physikalisch nicht ganz klar gewordener Weise zur Theorie des Stotterns und Stimmtremulirens in Beziehung gebracht. —

Aus einem den Schall aufnehmenden Trichter, einer denselben anderseits verschliessenden Membran und einem deren Bewegungen imitirenden, längs eines Quadranten messenden Fühlhebel construirte Lucae ein Phonometer, das die Sprach-Intensität oder vielmehr den beim Sprechen obwaltenden Druck der Exspirationsluft controlliren soll. Danach erweist sich die Stärke der Aussprache der Luftverdichtung proportional, hat für Explosivlaute (b, p, g, k) die grösste, für Reibungs- und Hauch-Laute (h) die kleinste Intensität, und correspondirt nicht in einfachem Verhältniss mit der Perceptionsfähigkeit eines normalen Ohres für die differenten sprachlichen Productionen.

§. 506. (zu §. 142.) — Die Helmholtz'sche Vokaltheorie erfuhr in der jüngsten Zeit durch Emil v. Qvanten (Oefversigt af K. Vetensk. Acad. Handlingar, 1874, No. VI.) eine Betrachtung, welche im zweiten und vierten Heft der diesjährigen Annalen der Physik abgedruckt ist. — In erster Linie

ist die Behauptung angegriffen, dass jedem Vokal ein charakteristischer Oberton von constanter Lage entspreche, weil dann der erstere mit keinem höheren Tone verbunden werden könnte, als mit der nächst tieferen Oktave des letzteren, also U höchstens mit F, O mit *b*, das A der Norddeutschen mit b_1; dasjenige der Italiener und Engländer mit d_2, was von der Erfahrung nicht bestätigt wird, indem allen Sopranen die Ausbildung des A innerhalb der ein- und zwei-gestrichenen Oktave vollkommen gut möglich ist, wenn schon allerdings E und I ihnen dabei bequemer liegen. Die beiden letzten Vokale müssten wenigstens ihre niedrigeren Obertöne verlieren, sobald sie beziehungsweise die Tonhöhen *f* und F überschritten, demnach dann voraussichtlich in ihrer phonetischen Eigenthümlichkeit weit mehr beeinträchtigt werden, als der Wirklichkeit entspricht. Ausserdem müsste ein einzelner Vokal bei den successiven Versuchen, ihn mit den aufsteigenden Tönen der chromatischen Skala zu verbinden, je nach der Möglichkeit der charakteristischen Obertonbildung bald auftreten, bald verschwinden, und zwar letzteres das norddeutsche A für *cis*, *d*, *e*, *f*, *g*, *gis*, *a*, *h*, c_1, das italienische nur für *cis*, *dis*, *f*, *fis*, *gis*, *a*, *h*, c_1, weil mit diesen Grundtönen der Oberton b_2 oder d_3 in keiner Weise zusammenklingen kann, wohl aber auf irgend welcher Ordnungsstufe mit den andren Gliedern der Oktave. Die Nichtbestätigung auch dieser Folgerung erklärt Engel so, dass in den Fällen des mangelnden Helmholtz'schen Obertones der gefährdete Vocal zur Bildung gelange, indem der Eigenton der Schallröhre die dem charakteristischen Ton zunächst liegenden Obertöne verstärke. Dagegen behauptet Qvanten, dass man weder die angeblich charakteristischen Vokal-Obertöne selber, noch ihre hypothetischen angenäherten Substitute regelmässig in den Klangmassen all der Töne vorfinde, auf denen die betreffenden Vokale anstandlos erzeugt werden können, es also keinen einzelnen Oberton gibt, welcher dem letzteren unter allen Umständen eigen ist; umgekehrt besitzen demnach die charakteristischen Vokalobertöne keineswegs eine constante Höhe.

Auch die physiologische Begründung von Helmholtz' Vokalobertönen in der Resonanz der Rachen- und Mund-Höhle, welche unabhängig von Geschlecht und Alter die nämliche bleiben soll, weil das kleinere Volum durch dichteren Lippenschluss ersetzt werden kann, erfährt eine Beanstandung von der Erfahrung ausgehend, dass jeder Vokal einen eigenthümlichen Einfluss auf die Lage des Kehlkopfes und die Räumlichkeit der Schallröhre übe. Das experimentale Verfahren hiezu wird vom Autor so beschrieben: „Bildet man beim gewöhnlichen Sprechen die ganze Vokalreihe auf einen gewissen Ton z. B. *c*, so nehmen Kehlkopf, Zunge und Lippen verschiedene Stellung für jeden Vokal an. Der Kehlkopf stellt sich am tiefsten im U, am

höchsten im I, die Zunge am tiefsten im U oder A, am höchsten im I. Die Lippen treten am meisten hervor im U und ziehen sich am meisten zurück im I. Die Mundöffnung ist am kleinsten beim U, am grössten bei Ae. Wählt man dann die höhere Note *d* und bildet auf ihr die Vokale, so tritt dasselbe Verhältniss ein, jedoch mit dem Unterschied, dass sich der Kehlkopf für jeden Vokal in dem Masse höher stellt, als er sich stellte, da derselbe Vokal auf die Note *c* gebildet wurde. Spricht oder singt man die Vokale auf die Note H, so erfolgt das Gegentheil." — Indem hiemit beziehungsweise der Resonanzraum verkürzt oder verlängert wird, ändert sich sein Eigenton, also auch der von diesem verstärkte charakteristische Oberton des Vokales, welcher danach nicht constant läge, sondern mit dem, letzterem beigegebenen, Grundton variirte. „Der specifische Vocallaut beruht mithin nicht auf einem gewissen, unter allen Umständen constanten, Ton, sondern auf einem mehr oder weniger charakteristischen Verhältniss zwischen Grund- und Ober-Ton." Dadurch ist die oben erwähnte Misslichkeit, absolut akustische Grenzen für die Vokalbildung statuiren zu müssen, beseitigt, insofern solche nur relativ physiologische sind, indem die Erschwerung oder Erleichterung der Vokalbildung sich längs der Tonleiter verschiebt, je nachdem die Stimmlage des Menschen höher oder tiefer ist. — Oeffnung und Lage der Lippen, wie Stellung der Zunge kann nach einiger Uebung für denselben Vokal durch die ganze Skala beibehalten werden, obwohl die Neigung besteht, bei Erhöhung des Tones die Lippen unter Erweiterung ihrer Spalte zurückzuziehen, bei Vertiefung das Entgegengesetzte zu thun, womit dort Schärfe, hier Dumpfheit der Leistung provocirt wird. —

In der Fortsetzung von Qvanten's Bemerkungen zur Helmholtz'schen Vokallehre ist an die Abhängigkeit des Klangcharakters von der Beschaffenheit der Moleküle und ihrer constructiven Anordnung erinnert und zur Erläuterung der hieraus für die Vokale erwachsenden Beziehungen die Annäherung des Klanges bestimmter Blasinstrumente an gewisse Vokallaute erwähnt, z. B. für Fagot *U*, Waldhorn *O* *), Posaune *A*, Oboe *Ae*, Trompete *E*, deren mehr oder weniger ausgezeichnete, selbst in der Art modificirbare Hervortretung von der Tonhöhe namhaft bedingt wird. Ausserdem klingen die tiefen Töne dumpf, geschlossen, dunkel; die mittleren rund, offen, klar, voll und mild; die hohen scharf und hell; worauf neben der Tonlage auch die Form der Erregung Einfluss hat. Das Stimmorgan besitzt zwar einen bestimmteren und mannigfacheren Klangcharakter, als jegliches musikalische

*) Wie mir scheint, eher umgekehrt: *O* für Fagot, *U* für Horn. (*I* für Klarinet und Querpfeife.

Instrument, aber einem ähnlichen doppelten Wechsel in der Tonfarbe ist es gleich diesen ausgesetzt. Zuvörderst kann jeder Vokal unbeschadet seines, von der intellectuellen Seelenthätigkeit hergeleiteten, Hauptcharakters mit einem verschiedenen, der sensuellen Erregung entsprechenden, dumpfen, normalen oder klaren Timber gegeben werden, dessen physiologische Bedingungen in Situations-Veränderungen des Kehlkopfes, der Zunge, der Lippen und Wangen bestehen, was zu Modificationen des Volums und hiemit des Eigen- oder Resonanz-Tones des Schallraumes führt. Diese mit dem Timberwechsel verbundenen Verhältnisse scheinen dem Autor zu beweisen, dass jeder Vokal bei unverändertem Grundton oder auch tiefer und höher unter sehr verschiedenartigen anatomischen Anordnungen der Innentheile gebildet werden könne, dass deshalb der specifische Laut des Vokales nicht anzusehen ist als ruhend auf einem constanten Verhältniss zwischen Grund- und Ober-Ton, dessen Mehrzahl und Beweglichkeit von Helmholtz selber anerkannt werde, sofern er die Verschiedenheit des Klanges an die stärkere oder schwächere Ausbildung höherer und tieferer Obertöne bindet. Es wird indess zugegeben, dass die Constanz-Theorie der charakteristischen Töne mit den vokalen Timberdifferenzen in keinem Widerspruch steht, denn der constante charakteristische Ton werde nur den individuellen Vokalen zugeschrieben, während grosse Klanggruppen die sämmtlichen Geschlechter des Vokalklanges repräsentiren, deren jedes die speciellen dunklen oder klaren Vokallaute der verschiedenen Sprachen und in diesen wieder unzählige individuelle Modificationen umfassen. Aber trotz dessen räumt Qvanten der Helmholtz'schen Vokallehre keine Uebereinstimmung mit der Wirklichkeit ein, weil jedes Individuum beim Sprechen wie beim Singen den charakteristischen Ton des Vokales verändern könne, und die charakteristischen Töne der Vokale überhaupt nicht in Gruppen gesammelt über oder untereinander in der Obertonskala liegen; vielmehr hat jeder Vokal seine eigenen Klanggrenzen, innerhalb deren sich die Obertöne in vielen Theilen und an mehreren Stellen ineinander schieben. Der ganze charakteristische Bezirk einer Vokalbildung wird mit dem Grundton gehoben und gesenkt, hiemit auch der Bezirk der Obertöne verschoben, welche relativ immer dieselben Stellungen zu einander beibehalten; die Grenzen der möglichen Verlegungen werden vom Umfang der Stimme und des Schallraumes gesteckt. — Auch Engel's (Studien zur Theorie des Gesanges, im Archiv für Anat., Physlg. u. w. Medcn. 1869) Erweiterung oder Modification der Helmholtz'schen Theorie, wonach jeder Vokal einen constanten Resonanzumfang besitze, der bloss in den äussersten Spitzen des dunkelsten und klarsten Timbers in die anstossenden Vokalbezirke eindringe, und jeglicher Vokalton aufgefasst werden müsse als System von Tönen, worin ein

gewisser Oberton zufällig vorherrscht, wird von Qvanten beanstandet, weil bei der Vokalbildung auf verschiedenen Grundtönen die Resonanzumfänge längs der Obertonreihe bald für mehrere Vokale übereinstimmen, bald nicht, und im Einzelnen überhaupt nicht absolut begrenzt sind. — Wenn endlich der nämliche Vokal so gut eine verschiedene Anzahl von Obertönen besitzen kann, als verschiedene Vokale bald gleiche, bald ungleiche Mengen derselben haben, darf der specifische Vokalcharakter ebensowenig in der Zahl oder relativen Stärke ihrer Obertöne wie im Vorwalten eines bestimmten derselben gesucht werden, sondern in „einem so eigenthümlich abgewogenen Verhältniss zwischen sämmtlichen hier mitwirkenden akustischen Elementen, dass die Summe derselben bei allem Wechsel im Einzelnen doch im Ganzen dieselbe bleibt." —

§. 507. (zu §. 159). — Zu einer vollständigeren mathematischen Darstellung der Brechungsformeln und Berechnung der optischen Constanten des Auges geht man am besten von Gauss' dioptrischen Untersuchungen aus.

Fig. 32.

Ist in Fig. 32. *mn* die sphärische Grenzfläche zweier Mittel mit den Brechungscoëfficienten 1 und *n*, *c* der Mittelpunkt, *r* der Halbmesser des Bogens, *abcd* die optische Achse, *ac* ein Strahl, welcher nach *cd* gebrochen wird, so stehen die Proportionen $\frac{ac}{ac} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$; $\frac{cd}{ed} = \frac{\sin\gamma}{\sin\alpha}$, welche unter sich und mit $n = \frac{\sin\beta}{\sin\gamma}$ multiplicirt zu $\frac{ac.cd.n}{ac.ed} = 1$ oder $ae.cd.n = ac.cd$ führen; darin ist $ac = a$ die Objectweite, $cd = e$ die Bildweite, also $cd = e - r$, $ac = a + r$, mithin $a(e-r)n = (a+r)e$ woraus

$$a = \frac{re}{(n-1)e - nr} \;(1. \text{ und } e = \frac{nar}{(n-1)a - r} \;(2. \text{ folgt.}$$

Für $e = \infty$ wird $a = \frac{r}{n-1} = F_1$ (3. (vorderer Brennpunkt)

$a = \infty$ wird $e = \frac{nr}{n-1} = F_2$ (4. (hinterer Brennpunkt),

demnach $F_1 = \frac{F_2}{n}$ oder $n = \frac{F_2}{F_1}$(5., so dass das Verhältniss beider

Brennweiten im mittleren Brechungcoëfficienten der ocularen Refractionsmedien gegeben ist. Da die Gleichung (4. auch so geschrieben werden kann: $F_2 = \frac{r}{n-1} + r \left(= \frac{r+rn-r}{n-1} = \frac{nr}{n-1}\right)$, so wird $F_2 = F_1 + r$ (6. wonach durch Substitution von (5. und der Consequenz von (6. $r = F_2 - F_1$ in (1.

$$a = \frac{(F_2-F_1)e}{\left(\frac{F_2}{F_1}-1\right)e - \frac{F_2}{F_1}(F_2-F_1)} = \frac{(F_2-F_1)e \cdot F_1}{(F_2-F_1)e - F_2\,(F_2-F_1)}$$

$$= \frac{eF_1}{e-F_2}$$ (7. ferner hieraus

$ae - F_2a = eF_1$, mithin $e = \frac{aF_2}{a-F_1}$ (8., oder in Folge andrer Umbildung: $ae = eF_1 + aF_2$, endlich mittels Division durch ae...

$$1 = \frac{F_1}{a} + \frac{F_2}{e}$$ (9. —

Sind zwei sphärische Grenzflächen von Refractionsmedien mn und $m_1 n_1$ Fig. 33. gegeben, deren beide Brennpunkte beziehentlich f_1 und f_2, φ_1 und φ_2 auf der Achse Aa liegen, zu wel-

Fig. 33.

cher die in die Hauptebenen fallenden gleichen Bilder AB und ab senkrecht stehen, wie auch ihr intermediäres Bild $\alpha\beta$, so steht für die Grösse des letzteren $\frac{\alpha\beta}{AB} = \frac{\alpha f_2}{of_2} = \frac{\alpha\varphi_1}{o_1\varphi_1}$, woraus $\frac{\alpha f_2 + of_2}{of_2}$ $= \frac{\alpha\varphi_1 + o_1\varphi_1}{o_1\varphi_1}$ oder $\frac{\alpha o}{\alpha o_1} = \frac{of_2}{o_1\varphi_1}$. Werden die respectiven Scheitelabstände der Brennpunkte mit den entsprechenden Buchstaben der letzteren selbst bezeichnet, die Object- und Bildweite AO und αo mit a und e, die Dicke der brechenden Schicht oo_1 mit d, so ist $\alpha o_1 =$ $d-e$ und $e\varphi_1 = f_2(d-e)$ woraus $e = \frac{df_2}{\varphi_1 + f_2}$ (10., was in

$a = \frac{ef_1}{e-f_2}$ (nach (7.) substituirt gibt

$$a = \frac{df_1f_2}{\varphi_1 + f_2} : \frac{df_2 - \varphi_1 f_2 - f_2^2}{\varphi_1 + f_2} = \frac{df_1}{d-\varphi_1-f_2}$$ (11.

Unter analoger Bezeichnung von ao_1 und αo_1 mit a_1 und e_1 kommt auch

$$e_1 = d - e = d - \frac{df_2}{\varphi_1 + f_2} = \frac{d\varphi_1}{\varphi_1 + f_2} \quad (12.$$

$$a_1 = \frac{e_1\varphi_2}{e_1 - \varphi_1} = \frac{d\varphi_1\varphi_2}{\varphi_1 + f_2} : \frac{d\varphi_1 - \varphi_1^2 - \varphi_1 f_2}{\varphi_1 + f_2} = \frac{d\varphi_2}{d - \varphi_1 - f_2} \quad (13.$$

welche Werthe für a und a_1 die Abstände beider Hauptpunkte von den Scheiteln der vordren und hintren Grenzflächen nach Aussen messen.

Zur Bestimmung der Gesammtbrennweiten des Brechungs-Systemes in Bezug auf die Hauptebenen seien in Fig. 34

Fig. 34.

F_1 und F_2 die gesuchten Hauptbrennpunkte, f und φ aber der hintere und vordere Partialbrennpunkt der Grenzflächen mn und m_1n_1, so muss ein von F_1 ausfahrender Strahl, um zuletzt mit o_1F_2 parallel zu werden, durch φ und ein von F_2 kommender, der mit oF_1 parallel austreten soll, durch f gehen. Unter Wiederaufnahme der früheren Bedeutungen von f_1, f_2, φ_1, φ_2, d ($= oo_1$) und Beilegung eines ähnlichen Sinnes für F_1 ($= F'o$) und F_2 ($= F''o_1$) erhält man aus der obigen Gleichung (9.

$$1 = \frac{f_1}{F_1} + \frac{f_2}{d - \varphi_1} \quad (14. \text{ und } 1 = \frac{\varphi_1}{d - f_2} + \frac{\varphi_2}{F_2} \quad (15. \text{ oder}$$

$$F_1 = \frac{f_1(d - \varphi_1)}{d - \varphi_1 - f_2} \quad (16. \left(\text{aus } 1 - \frac{f_2}{d - \varphi_1} = \frac{f_1}{F_1} = \frac{d - \varphi_1 - f_2}{d - \varphi_1}\right)$$

$$F_2 = \frac{\varphi_2(d - f_2)}{d - \varphi_1 - f_2} \quad (17. \left(\text{aus } 1 - \frac{\varphi_1}{d - f_2} = \frac{\varphi_2}{F_2} = \frac{d - f_2 - \varphi_1}{d - f_2}\right).$$

Um die Entfernungen der Hauptbrennpunkte statt von den Scheiteln der refractiven Grenzflächen von den entsprechenden Hauptpunkten auszudrücken, erhält man durch Subtraction aus (11. u. (16., (13. u. (17.

$$a - F_1 = \frac{df_1}{d - \varphi_1 - f_2} - \frac{f_1(d - \varphi_1)}{d - \varphi_1 - f_2} = \frac{f_1\varphi_1}{d - \varphi_1 - f_2} = \frac{-f_1\varphi_1}{\varphi_1 + f_2 - d} \quad (18.$$

$$a_1 - F_2 = \frac{d\varphi_2}{d - \varphi_1 - f_2} - \frac{\varphi_2(d - f_2)}{d - \varphi_1 - f_2} = \frac{f_2\varphi_2}{d - \varphi_1 - f_2} = \frac{-f_2\varphi_2}{\varphi_1 + f_2 - d} \quad (19.$$

Sind 3 refractive Grenzflächen *mn*, *m'n'*, *m''n''* gegeben, so combinirt man zwei derselben (Fig. 35) mit den Brennpunkten

Fig. 35.

f_1 und f_2 wie den Hauptpunkten h_1 und h_2, für deren Bestimmung das bisherige Verfahren hinreicht, zu einer gemeinsamen Trennungsfläche $\mu\nu$, welche im zweiten Hauptpunkt jenes Binärsystemes ihren Scheitel und die Focalweiten $f_1h_1 = \varphi_1$, $f_2h_2 = \varphi_2$ hat. Diese wird nun mit der dritten Grenzfläche *mn*, deren Specialbrennweiten ψ_1 und ψ_2 heissen mögen und deren Scheitel von h_1 um D absteht, zu einem Refractivsystem verbunden, dessen Hauptpunkte H_1 und H_2 in den Gleichungen berechnet werden (nach (11. u. (13. unter Zeichenwechsel wegen Richtungs-Umkehr)

$$OH_1 = \frac{\psi_1 D}{\varphi_1 + \psi_2 - D} \text{ (20. und } h_2H_2 = \frac{\varphi_2 D}{\varphi_1 + \psi_2 - D} \text{ (21.}$$

die Hauptbrennweiten aber nach den Ausdrücken: (siehe: (18. u. (19.)

$$H_1F_1 = \frac{\varphi_1\psi_1}{\varphi_1 + \psi_2 - D} \text{ (22. und } H_2F_2 = \frac{\varphi_2\psi_2}{\varphi_1 + \psi_2 - D} \text{ (23. —}$$

In Anwendung dieser Gesetze auf das Auge, dessen Hornhaut von *mn* der letzten Figur repräsentirt den Krümmungshalbmesser R besitzt, während diejenigen der vordren und hintren Linsenwölbung r' und r'' heissen, *n* aber den Brechungscoëfficienten der wässerigen Feuchtigkeit bedeutet, steht für die äussere und innere Focalweite der cornea:

$$\psi_1 = \frac{R}{n-1} \text{ (24. } \quad \psi_2 = \psi_1 + R \text{ (25. nach Formel: (3. u. (6.)}$$

Aehnlich erhält man für die Brennweiten f_1, f_2 der vorderen und f'_1, f'_2 der hintren Linsenfläche, wenn n' das Brechungsverhältniss zwischen Linsensubstanz und humor aquaeus bezeichnet,

$$f_1 = \frac{r'}{n'-1} \text{(26. } f_2 = f_1 + r' \text{ (27. } \quad f'_1 = \frac{n'r''}{n'-1} \text{(28. } f'_2 = f'_1 + r'' \text{ (29.}$$

sowie für die Hauptpunktabstände von beiden Scheiteln der Linse, deren Dicke mit d gemessen wird

$$h_1 = \frac{f_1 d}{f'_1 + f_2 - d} \text{(30., } h_2 = \frac{f'_2 d}{f'_1 + f_2 - d} \text{ (31. (aus: (20. (21.);}$$

die vordere und hintere Brennweite der Linse selbst, auf die Hauptpunkte bezogen, sind

$\varphi_1 = \frac{f_1 f''_1}{f''_1 + f_2 - d}$ (32., $\varphi_2 = \frac{f_2 f''_2}{f''_1 + f_2 - d}$ (33. (nach: (22. (23.). — Bedeutet endlich H_1 die Entfernung des ersten Hauptpunktes des ganzen Auges vom Cornealscheitel, H_2 die des zweiten vom gleichnamigen der Linse, B_1 und B_2 die vordere (äussere) und hintere (innere) Hauptbrennweite, D den Abstand des vorderen Linsenhauptpunktes vom Hornhautscheitel, und werden die beiden Brennweiten der Linse gleich gesetzt (φ), so steht:

$$H_1 = \frac{\psi_1 D}{\psi_2 + \varphi - D} \; (34., \quad H_2 = \frac{\varphi D}{\psi_2 + \varphi - D} \; (35;$$

$$B_1 = \frac{\psi_1 \varphi}{\psi_2 + \varphi - D} \; (36., \quad B_2 = \frac{\psi_2 \varphi}{\psi_2 + \varphi - D} \; (37. \; —$$

An Fig. 36, welche in den wahren Grössenverhältnissen von Listing's schematischem Auge auf dessen Achse unter An-

Fig. 36.

deutung der Corneal-, vordren und hintren Linsenwölbung die Lage der ersten und zweiten Brenn-, Haupt- und Knotenpunkte beziehentlich in f_1, f_2; h_1, h_2; k_1, k_2 markirt, ist gezeigt, wie für jeden beliebigen Objectpunkt *a* der zugehörige Bildpunkt *c* gefunden wird durch Verfolgung zweier Strahlen, deren einer, der Achse parallel bei *b* die zweite Hauptebene, gleich der ersten, senkrecht schneidet, und von da gegen den Brennpunkt f_2 convergirt, der andre von *a* zum ersten Knotenpunkt gezogen, um k_1 k_2 verschoben, von k_2 aus mit ak_1 parallel weiter geht und jenen in *c* schneidet. —

§. 508. (zu §. 165). — Die häufigste Gelegenheit zu künstlicher Beihilfe oder zu Untersuchungen im Interesse besondrer Berufsarten gibt die als Myopie bezeichnete Anomalie oder Functionsbeschränkung der Augen, welche nach ärztlichem Urtheil in den Schulen um so häufiger und intensiver vorgefunden wird, je angestrengter für den Nahgebrauch die naturgemäss auf eine gewisse Uebung der verschiedenen Accommodationsstellungen angewiesenen Augen in einseitiger Leistung erhalten werden. — Unter vielen diesem Gegenstande zugewandten Untersuchungen werde aus neuerer Zeit erwähnt Mannhardt's Arbeit über muskulare Asthenopie und Myopie; er

findet an Kindern myopischer Aeltern sehr oft gleichfalls Kurzsichtigkeit, zuweilen verbunden mit Astigmatismus, und macht dabei auf gewisse Schädelformen aufmerksam, indem bei Kurzsichtigkeit der Augen gewölbte Stirnen, bei Uebersichtigkeit die Quadratform des Schädel vorzukommen pflege. Zur Behandlung progressiver Myopie verwendet er prismatisch geschliffene Brillen, deren Basis nach Innen gekehrt ist, so dass die beim Nahsehen eintretende Convergenz der Augäpfel und hiemit die Blutüberfüllung des Augenhintergrundes vermindert wird; sieht Jemand bei Bewaffnung mit solch einem Prisma von 10° und dem ihm passenden Concavglas auf 3 m. Abstand einfach, so berechnet sich daraus eine Divergenz von 5°. —

Kratz erklärt mit besonderer Beziehung auf den Militärdienst für diesen unbrauchbar solche myopische Augen, welche mit einem Concavglas von 6″ P. Zerstreuungsweite in weniger, und mit einem Convexglas von 10″ Brennweite in mehr als 6″ Abstand die Jaeger'sche Probe Nr. II lesen, während nach dem praktischen Verfahren in Preussen für untauglich erachtet wird, wer auf zehn Schritt keine menschliche Gesichtbildung scharf und sicher von einer andren unterscheidet; dabei sind Schwankungen um $^1/_{40}$ dieses Werthes ohne absoluten Ausschluss zulässig, welcher unter allen Umständen statthat, wenn die besagte Sehschärfe auf $^1/_5$ des erwähnten Abstandes herabgeht. Seit die allgemeine Wehrpflicht mehr und mehr auch die vornehmlich mit Kurzsichtigkeit behafteten Zöglinge wissenschaftlicher Bildungsanstalten dem Heere zuführt, hat innerhalb desselben die Brille eine Zulassung und Anwendung gefunden, welche die myopischen Anomalien dem Dienste weniger Abbruch thun lassen; den preussischen Seecadetten aber, welche die Snell'sche Probeschrift auf $^3/_4$ der Normalentfernung lesen sollen und auf die Hälfte derselben anstandslos erkennen müssen, um Zutritt zu erhalten, ist jenes optische Aushilfsmittel nicht erlaubt, weil das spritzende Seewasser, und manch andres Ereigniss an Bord dessen Werth illusorisch macht. — Burkhardt wünscht, dass Schwachsichtigkeit von $^1/_{10}$ und Kurzsichtigkeit von $^1/_3$ für immer vom Militärdienst befreien sollte, bei mehr als $^1/_{10}$ Sehschärfe beschränkte Einstellung zulässig sei, bei Myopie zwischen $^1/_3$ und $^1/_{25}$ bloss im Nothfall des Krieges und während des Friedens einjährig-freiwilliger Dienst verlangt werde, und dass bei der Infanterie, wenigstens den Jägern oder Schützen, das rechte Auge übernormal sein möge. —

Zur praktischen Auswahl passender Brillengläser schlägt Steinheil vor, die Nummern statt nach den ohnedem selten zuverlässigen und gleichmässigen Brennweiten nach den Grössen der Ablenkungswinkel für eine bestimmte Strahlenincidenz zu bestimmen. Als Einheit der letzteren gilt der Winkel, für welchen die schwächste Linse von 120″ Brennweite eine Ablenkung von einer

Secunde hervorbringt, während die weiteren Nummern durch den in Secunden gegebenen Ablenkungswinkel ausgedrückt werden. Sind diese den Brechungskräften äquivalenten oder doch proportionalen Werthe für zwei Linsen c und d, so ist der ihrer Combination entsprechende $c + d$ — allerdings eine einfachere Formel, als die der Rechnung mit Brennweiten zu Grund liegende $\frac{ab}{a+b}$, wenn die optische Vorarbeit, welche bei Anwendung des neuen Principes umständlicher, als für das alte sein dürfte, nicht erst ausgeführt, sondern ein für allemal vorausgesetzt wird. In der That hat nun A. Steinheil eine passende Auswahl von 10 Sammel- und 10 Zerstreuungslinsen in einem Brillenprobekasten zusammengestellt, aus welchem leicht die einem Auge zusagenden Combinationen und die diesen entsprechenden Brillenwerthe entnommen werden. Weil aber letztere auch bei allgemein beifälliger Aufnahme des Vorschlages bei den Optikern wohl auf lange hin in der herkömmlichen Weise gesucht und gegeben werden, erwarb sich Burow ein Verdienst durch eine Tabelle von zusammengehörigen Werthen der Brechkraft und der Brennweite in rhein. Zollen:

Brechkraft	Brennweite
1	120
2	60
3	40
4	30
5	24
6	20
7	17
8	15
9	13.5
10	12
15	8
20	6
30	4
40	3
60	2. —

Kaiser (Physiolog. Optik) macht hinsichtlich der Augenfehler, welche durch Brillengläser verbesserbar sind, folgende Unterscheidungen:

1) Optisch normales Hornhaut-Linsen-System mit normaler Accommodationsbreite und abnormer Länge der Augenachse. Die letztere gilt als normal, wenn der Fernpunkt unendlich weit, der Nahpunkt 4—6″ vom Auge abliegt, und dieses eine mittlere Schweite von höch-

stens 12″, wie eine Accommodationsbreite von $^{1}/_{6}$ besitzt (S. 148 dieses Buches). — a) Hypometropisch ist jedes Auge, dessen Fernpunkt diesseit Unendlich liegt; doch erlangt die hiemit als mangelhafte Leistungsfähigkeit verbundene Kurzsichtigkeit erst eine praktische Bedeutung, wenn die mittlere Sehweite unter 8″ herabgeht. Liegt der Grund der Hypometrie bei sonst normalen Verhältnissen im angebornen Uebermass der Augenachsenlänge, so pflegt der Fernpunkt ziemlich unverändert zu bleiben, der Nahpunkt aber mit zunehmendem Alter weiter hinauszurücken, ist aber die hintere Scleralwand krankhaft ausgebuchtet (Ektasie), so verhält sich die Myopie abnorm progressiv. — b) Hypermetropische Augen sind in der Ruhe für convergente Strahlen eingestellt, während ihre Accommodationsbreite bald so günstig liegt, dass für Nähe und Ferne befriedigende Sehleistungen möglich sind, bald so, dass schon in den besten Jahren eine mit dem Alter bis ins Extrem gesteigerte Fernsichtigkeit eintritt. Ist ersteren Falles einem hypermetropischen Auge die gewöhnliche Einrichtung für Strahlen eigen, welche nach einem 30″ hinter der Netzhaut gelegenen Punkte convergiren, kann es aber auch die aus 7.5″ Abstand kommenden Strahlen vereinigen, so ist seine Accommodationsbreite aus den Theilen

$$\left(\frac{1}{7.5} - \frac{1}{\infty}\right) + \left(-\frac{1}{\infty} + \frac{1}{30}\right) = \frac{1}{7.5} + \frac{1}{30} = \frac{1}{6}$$

zusammengesetzt.

2) Optisch normales Hornhaut-Linsen-System mit zu geringer Accommodationsbreite und normaler Länge der Augenachse. a) Presbyopie, wenn die Erscheinung reine Folge der Altersentwicklung ist, indem in der Regel schon im 30. Jahre die Accommodationsbreite nur die Hälfte des vor dem 10. Jahr eingenommenen Werthes besitzt, und weiter hinaus langsamer doch unaufhaltsam vorrückt. b) Asthenopie, wenn unverhältnissmässig früh Parese des Ciliarmuskels einen senilen Zustand hervorruft.

3) Optisch unvollkommenes Hornhaut-Linsen-System mit normaler Accommodationsbreite und normaler Länge der Augenachse. (Reiner Astigmatismus). In der Regel, doch keineswegs immer sind es die horizontalen und vertikalen Meridiane, welche die grösste und kleinste Brennweite enthalten; allgemein ist für jeden derselben, wenn f und F beziehentlich den Minimal- und Maximalabstand des entsprechenden Nah- und Fernpunktes bedeutet, das Mass des diesem Augenschnitt eigenen Astigmatismus $\frac{1}{f} - \frac{1}{F}$.

4) Combinationen der drei vorausgehenden Fehler. Am häufigsten darunter sind der myopische und hypermetropische Astigmatismus, ersterer nach Donders in $^{1}/_{6}$ aller zur Beobachtung gelangenden Fälle von Accommodations- und Refractions-

Anomalien, letzterer meist mit hochgradiger zu schneller Ermüdung der Sehfunction führender Asthenopie verbunden in dem Verhältniss, dass auf 5 bis 7 hypermetropische Augen ein gleichzeitig astigmatisches kommt. —

Brillen (Beryll) sollen einem fern- oder nahsichtigen Auge die in mittlerer Normalsehweite (circa 250 mm.) stehenden Gegenstände in die abnorme Sehweite des gegebenen Organes verlegen, so dass dasselbe mit mässiger Anstrengung der ihm gewährten Adaptirungsfähigkeit und unter hinreichend grossem der wahren Sachlage entsprechendem Gesichtwinkel das Object erkennt. Für eine der Accommodation beherrschbare Strecke α und eine Sehentfernung des bewaffneten Auges a, gilt für die Brennweite f des betreffenden Glases die Gleichung $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{\alpha}$; mit ihr correspondiren die Ausdrücke

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a'} - \frac{1}{\alpha'}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a''} - \frac{1}{\alpha''},$$ worin a' und a'' die Entfernungen ausdrücken, in welche die in den Abständen α' und α'' liegenden Nah- und Fernpunkte durch Wirkung der Brille von der Focalweite f gerückt werden. Die aus beiden letzten Gleichungen fliessende Folgerung $\frac{1}{a'} - \frac{1}{a''} = \frac{1}{\alpha'} - \frac{1}{\alpha''}$ besagt, dass die natürliche Accommodationsbreite des mit einer Brille bewaffneten Auges von jener nicht geändert wird.

Für den Einfluss der Linsen auf die Sehschärfe ist wichtig, dass convexe den zweiten Knotenpunkt des Auges nach vorn, concave nach hinten verrücken, womit beziehlich das Retinalbild eine geringe Vergrösserung und Verkleinerung erfährt. Wird nämlich die Lage des unendlich dünn vorausgesetzten Linsenglases in der vorderen Hauptbrennebene des Auges angenommen, dessen erste und zweite Focalweite F_1 und F_2 sein mag, diejenige der Brille: f, a der Abstand des dem combinirten Brechungssystem zukommenden ersten Hauptpunktes vom Glas, a' die Entfernung des zweiten Combinationshauptpunktes vom zweiten Augenhauptpunkt, so steht nach §. 507 (nach Analogie der Formeln: (11. u. (13.)

$$a = \frac{fF_1}{F_1 - F_1 - f} = -F_1 \quad (1. \text{ und } a_1 = \frac{F_1F_2}{F_1 - F_1 - f} = -\frac{F_1F_2}{f} \quad (2.$$

sowie für den Abstand F'_1 des ersten Hauptbrennpunktes für das aus Organ und Linse zusammengesetzte Refractionssystem vom Glas, und denjenigen F'_2 des zweiten Hauptbrennpunktes jener Combination vom hinteren Augenhauptpunkt (nach (16. u. (17.)

$$F'_1 = \frac{f(F_1 - F_1)}{F_1 - F_1 - f} = o \quad (3. \text{ und } F'_2 = -\frac{F_2(F_1 - f)}{f} \quad (4.$$

Aus der ersten und dritten dieser Gleichungen folgt, dass die Lage des ersten Hauptpunktes und des ersten Brennpunktes des combinirten Systemes durch das Brillenglas, wenn es obigen factisch freilich nicht immer eingehaltenen Platz vor dem Auge annimmt, von der desfallsigen natürlichen Anordnung des letzteren nicht abweicht; aus der zweiten aber, in welcher f fürs convexe Glas immer positiv, fürs concave negativ ist, dass dort der zweite Combinationshauptpunkt vor, hier hinter den gleichnamigen Ort des freien Auges fällt. Die Grösse dieser Verrückung hat den Werth $-\frac{F_1F_2}{f} = \delta$, der in eine neue Formel aufgenommen den Verschärfungscoëfficienten der Sammellinse $m = \frac{F_1}{F_1 - \delta}$, den der Zerstreuungslinse $n = \frac{F_1}{F_1 + \delta}$ gibt, wonach aus den durch das Rechnungsresultat der Nenner beziehentlich über $\frac{F_1}{F_1} = 1$ erhöhten und darunter verkleinerten Brüchen folgt, dass in streng mathematischem Sinne an Sehschärfe mittels der convexen Linse gewonnen, durch die concave aber verloren wird. —

Das geometrische Mass für jenen Gewinn erhält man bei Betrachtung der Fig. 37 (Kaiser's Optik), worin durch Vorsetzung der Brille L der zweite Knotenpunkt (der mit dem zugehörigen Hauptpunkt gleichsinnige Verschiebung erleidet) des Auges O von k_2 nach K_2 verlegt ist, womit der vom Fusspunkt b des Objectes ab zum ersten Knotenpunkt k_1 gehende Strahl die Netzhaut statt in β in β' trifft, so dass die Projectionserstreckung des Retinalbildes von $\alpha\beta$ zu $\alpha\beta'$ vergrössert wird. Behufs strengerer Berechnung verlängern wir die Linien, bis die zur Augenachse in α Vertikale geschnitten

Fig. 37.

wird, und haben, da $K_2\beta' \# k_2\beta$ . . . $\frac{\alpha\beta}{\alpha\beta'} = \frac{\alpha k_2}{K_2\alpha} = \frac{F_1 - \delta}{F_1}$, indem für ein fernsichtiges Auge, das in der Accommodationsruhe durch die

Sammellinse *a b* deutlich erkennt, der Retinalabstand des zweiten Knotenpunktes eines einem Normalauge gleichwerthigen Systemes gleich der vorderen Hauptbrennweite F_1 eines fernsehenden emmetropischen Auges ist, der Retinalabstand des ursprünglichen zweiten Knotenpunktes aber um den Verschiebungswerth δ kleiner. —

Selbstverständlich werden erfordert: Reinheit des Glases, regelmässiger Schliff der Flächen, so dass Spiegelbilder in der Nähe des Randes ebenso wenig Unregelmässigkeiten der Form und Grösse zeigen, als bei centraler Reflexion, gute Politur, richtig centrirte Fassung, so dass die Centralverbindungslinie beider Krümmungsscheitel durch die wirkliche Mitte des Glases geht, gehöriger Abstand beider Gläser, wegen der beim Nahsehen eintretenden Convergenz der Augenachsen kleiner als die Distanz der Knotenpunkte; in welcher Hinsicht Erwähnung verdient, dass der anatomische Abstand gewisser charakteristischer Retinalpunkte mit den Refractionszuständen des Organes wechselt, so die Entfernung der Mitte des gelben Fleckes vom Scheitel der Sehnervpapille den durchschnittlichen Normalwerth von 4.045 mm. in 3.669 — 3.623 für übersichtige, in 4.124 — 4.579 für kurzsichtige Augen ändert, Burow aber räth, den Abstand der Gläsercentra unter denjenigen der Pupillen zu vermindern, weil bei umgekehrtem Grössenverhältniss, das zuweilen bis 66 und 54 mm. beziehliche Brillen- und Pupillen-Entfernung steige, jene gleich Prismen wirken, wodurch für Weitsichtige die inneren Strahlen zu grösserer Convergenz, für Kurzsichtige die äusseren zu vermehrter Divergenz gebracht werden; hinsichtlich der Brennweiten beziehen sich die meist in Zollen gemachten Angaben oft auf die Krümmungsradien der Flächen oder das arithmetische Mittel dieser Halbmesser an periskopischen Gläsern (concav-convex, allen Sehrichtungen gleich günstig (Wollaston) aber stark spiegelnd), was eine Uebereinstimmung mit jenen nur für einen Brechungscoëfficienten nah 1.5 gibt. Eine experimentale Bestimmung des Brennpunktes durch Entwerfung des kleinsten hellsten Sonnenbildchens mittels des convexen, und eines hellen Ringes, dessen Aussendurchmesser doppelt so gross als der Linsendiameter ist, durchs concave belehrt über etwaige Differenzen. — Abweichungen der normalen Isometropie beider Augen (Donders) fordern natürlich für jedes Auge ein besondres Correctiv; bedeuten x und y die beiderseitigen Entfernungen der ungleich distanten Sehpunkte, so misst $z = \frac{1}{x} - \frac{1}{y}$ den Grad der Anisometropie, und zugleich den einerseits nothwendigen Accommodationsaufwand, der reciproke Werth $\frac{1}{z}$ aber die Nummer des diensamen Glases. —

§. 509. (zu §. 171.) — Unter anscheinend völlig normalen Verhältnissen, namentlich bei unberührter Gesundheit und Geistesklarheit sehen wir bekanntlich viele Dinge anders als sie sind, und überhaupt Erscheinungen, deren Deutungsfähigkeit der Phantasie einen weiteren Spielraum gewährt, als aus ihren objectiven Grundlagen zu rechtfertigen ist. Im Allgemeinen unterscheidet Helmholtz zwei Classen von Sinnestäuschungen des Gesichtes. Geschieht die Einwirkung aufs Sehorgan unter ungewöhnlichen Umständen optisch refractiver oder reflectirter Art, so zwingt uns die Association der Vorstellungen selbst dann, wenn wir sowohl von der Entstehungsweise des Bildes, als von seiner Abweichung vom Object wissenschaftlich unterrichtet sind, zur factischen Anerkennung einer künstlich erworbenen Realität der Anschauung. — Im zweiten und eigentlichen Fall der Sinnestäuschung werden wirkliche Gegenstände falsch gesehen. Es involvirt dies stets einen ungewöhnlichen Gebrauch des Sehwerkzeuges und ist eben daraus erklärlich, indem der durch die Erfahrung der besten Wahrnehmung erlernte Normalgebrauch des Organes uns so zur Natur wird, dass die bei abweichender Anwendung der Augen gewonnenen Eindrücke für das Verständniss nur eine Bedeutung haben durch ihre Beziehung zu ähnlichen oder doch vergleichbaren Resultaten gewöhnlicher Sinnesempfängniss.

Von besondren pseudoskopischen Erscheinungen, deren ich unten einige anführe, sind natürlich diejenigen vom allgemeinsten Interesse, aus denen sich eine Theorie, wenigstens eine mehr oder weniger die beschränkte Einzelheit überschreitende Erklärung der Sehtäuschungen ableiten lässt. Hieher gehört Hering's Erfahrung, dass, wenn zwei Parallele durch mehrere sich kreuzende Gerade geschnitten werden, die ersteren zwischen den letzteren ausgebaucht erscheinen, dagegen einwärts einander zugebogen, wenn sie innerhalb der parallelogrammatisch angeordneten Kreuzungslinien verlaufen, sowie Zoellner's Construction zweier Parallelen, welche von den Schenkeln zahlreicher gleichliegender spitzer Winkel geschnitten nach der Oeffnungsseite dieser hin zu convergiren scheinen. Diese auch selbständig gefundene und andere ähnliche Pseudoskopien nimmt Kundt zur Grundlage einer Theorie, deren Princip in ganz selbständiger Weise auch der an erster Stelle genannte Physiolog adoptirt hatte. Gemeinsam den betreffenden Erscheinungen ist, dass bei gewissem, und zwar für eine bestimmte Schweite und Form der Zeichnung constantem Abstand die Täuschung dem richtigen Bilde Platz macht, und eine Abminderung oder Verstärkung der ersteren eintritt, je nachdem die Darstellung um eine lot- oder wagrechte Achse gedreht wird. Das Elementare in diesen und ähnlichen Erfahrungen ist offenbar die punktuelle Distanz, welche bloss dann einen einfachen Charakter trägt, wenn keine hervorstechenden Marken zwi-

schen den Enden liegen, während es ausserdem zu einer Summe von Einzelschätzungen kommt. Streng genommen kann eine einfache senkrecht zur Sehaehse liegende Distanz nur richtig nach der Tangente ihres Gesichtwinkels geschätzt werden, aber weder diese, noch, wie physiologisch angenommen zu werden pflegte, der vom Bilde auf der Netzhaut eingenommene Bogen wird von Kundt als massgebend erkannt für die Längenbeurtheilung, sondern die Sehne, die dem Gesichtwinkel der Distanz im Auge zugehört, wonach, wenn D die wahre Distanz und w ihren Gesichtwinkel bedeutet, der Schätzungsfehler in der Formel $F = D \left(1 - \frac{2 \sin \frac{w}{2}}{\operatorname{tg} w}\right)$ gegeben ist. — Was das andre Element der einfachsten geometrischen Darstellung, als Substrat der Sinnestäuschungen, den Winkel betrifft, so sind die scheinbaren Grössen der um einen Punkt herum gelegenen proportional den zugehörigen Sehnenwinkeln und gleich den Winkeln, die man erhält, wenn man vier Rechte im Verhältniss der Sehnenwinkel theilt. Hieraus folgt, dass falls einer der um einen Punkt liegenden Winkel grösser als zwei Rechte ist, alle andren zu klein erscheinen, die kleinsten aber verhältnissmässig am wenigsten, sowie dass von den durch zwei Schneidende gebildeten Winkeln die spitzen zu gross, die stumpfen zu klein gesehen werden. — Die Fehler der Sehnenschätzung werden um so kleiner, je geringere Ausdehnung das Netzhautbild hat, und da im Bereich sämmtlicher Sinnesempfindungen Vergleiche unterhalb einer gewissen Grenze der Eindrucksunterschiede nicht mehr möglich sind, muss es eine Schwelle der Verkleinerung oder des ihr proportionalen Abstandes geben, jenseit welcher die verschiedentliche Sehnenschätzung, also auch die auf ihr beruhende Täuschung wegfällt, was mit dem oben erwähnten empirischen Resultat übereinstimmt. — Insofern eine pseudoskopische Zeichnung ausser Winkeln auch sonstige Linien und die von ihnen umschlossenen Flächen enthält, ist allgemein ihre Abweichung vom wahren Gegenstand um so unbedeutender zu bezeichnen, je weniger das retinale „Sehnenbild“ vom theoretischen „Tangentenbild“ sich unterscheidet, und jene wird gänzlich verschwinden, sobald das nach den Gesetzen der Distanz-, Winkel- und Flächen-Schätzung in eine Ebene verlegte Sehnenbild keinen der Schärfe des Augenmasses adäquaten Unterschied von der wirklichen Zeichnung mehr enthält. — Glaubt Kundt die physiologische Ansicht, dass die Anzahl der wirklich gereizten Netzhautpunkte für die räumlichen Verhältnisse des Eindruckes und seiner Deutung massgebend sei, bei dem rein physikalischen oder geometrischen Charakter seiner Sehnentheorie übersehen zu dürfen, so ist dagegen nicht zu vernachlässigen der recht eigentlich auf ihren wesentlichen Sinn eingehende Einwand Aubert's, dass

die von der Sehnenschätzung ableitbaren Fehler viel zu klein ausfallen, um bemerkt zu werden, oder gar deutliche stark ausgeprägte Sehtäuschungen zu veranlassen, wonach sich der Autor der Physiologie der Netzhaut entschliesst, der an sich als Erklärungsprincip so werthvollen mathematischen Construction Zöllner's psychologische Auffassung zu substituiren. —

Zoellner geht nämlich von der Hypothese aus, dass die Unmittelbarkeit der im Sehact erzeugten Vorstellungen nur scheinbar ist, insofern wir uns wegen der Schnelligkeit der mit Hilfe unsrer Augen angestellten Vergleiche der einzelnen Operationen nicht bewusst werden, sondern den daraus gezogenen Schluss als Resultat einer unmittelbaren Wahrnehmung ansprechen. In Sonderheit sind die Vorstellungen vom Parallelismus oder Nichtparallelismus zweier Geraden, wie diejenigen von der Ruhe oder Bewegung eines Körpers, worauf die meisten der schon betrachteten und noch anzuführenden Sehtäuschungen beruhen, nicht unmittelbare Ergebnisse der sinnlichen Wahrnehmung, sondern Resultate von logischen Schlüssen, welche wir mit Hilfe der reflectirenden oder vergleichenden Thätigkeit des Verstandes aus den vom Auge gegebenen Beobachtungsdaten ableiten. Dabei scheint es, dass die Vorstellung des Parallelismus, oder im zweiten Fall: der Ruhe eine grössere Zeit zu ihrer Entstehung fordert, als die Vorstellung der Neigung zweier Geraden oder der Bewegung eines Körpers, denn zur Entscheidung des Parallelismus muss eine grössere Strecke gegenüberliegender Punkte verglichen werden, als zur schneller erledigten Anerkennung der Convergenz und Divergenz; die Annahme des Ruhezustandes aber setzt die Bewährung einer (relativen) Unveränderlichkeit der Stellung während einer viel längeren Frist voraus, als zur Beobachtung einer bestimmten Bewegung nothwendig erscheint, welche nur bei beträchtlicher Langsamkeit eine grössere Anzahl von Elementarvergleichungen erheischt. — Die Ursache der für den ersten Augenblick befremdlichen Uebereinstimmung zwischen den Vorstellungen des linearen Parallelismus oder der Neigung und denjenigen der Ruhe und Bewegung findet Zoellner darin, dass beide Classen von Vorstellungen durch die Unveränderlichkeit oder Veränderlichkeit eines Abstandes erzeugt werden, wonach die Erklärung der beiden Hauptclassen von Pseudoskopien in Eines zusammenfällt, dahin lautend, soweit sich die Sache allgemein und ohne Beibringung besondrer Beispiele erledigen lässt, dass überall, wo in regulärer Folge die Anstellung einer grossen Zahl von Elementarvergleichen veranlasst wird, die Vorstellung der Convergenz oder der Bewegung nach bestimmter Richtung leichter hervorgerufen wird, als diejenige des Parallelismus oder der Ruhe.

Endlich beschäftigt sich auch Scheffler mit den fraglichen Er-

scheinungen und kommt zu der breit entwickelten (Poggendorff: 127) Annahme, dass Pseudoskopien immer dann entstehen, wenn anomale Verschiebungen der Retinalstäbchen eintreten, deren Achsenstellung die scheinbare Strahlenrichtung bestimmt.

Von den zahlreichen Gesichtstäuschungen, welche mit Bewegung der Objecte, des Beobachters oder Beider verbunden sind, hat Plateau in seiner 1829 bekannt gewordenen Untersuchung über Lichteindrücke im Sehorgan zunächst auf Anlass gleichzeitig betrachteter verschiedentlich gedrehter Speichenräder ein Princip ausgesprochen, das zur theoretischen Erfassung vieler motorischer Pseudoskopien sich äusserst fruchtbar erweist und insbesondre auf die viel später von Lissajou zu schönen akustisch-optischen Experimenten verwendeten Kaleidophonecurven anwendbar ist. — „Denkt man sich zwei helle Curven in zwei parallelen Ebenen befindlich und eine jede derselben mit beträchtlicher gleichförmiger Geschwindigkeit um eine zu ihrer Ebene senkrechte Achse gedreht, so dass die Geschwindigkeit der einen ein genaues multiplum von der der andren ist, so wird das vor dem Rotationssystem befindliche Auge in der Mitte des Schleiers, welcher anscheinend durch die Bewegung beider Linien gebildet wird, das unbewegliche Bild einer dritten Curve erblicken, die dunkler ist, als der Grund, auf welchem sie erscheint. Dies krummlinige Phänomen ist der Ort der scheinbaren Durchschnittspunkte der bewegten Curven.“ — Ein paar Jahre später ersann Faraday einen Apparat zur bequemen Beobachtung der durch die Speichen oder Zähne zweier rotirenden Räder hervorgebrachten Pseudoskopien, der aus einem die Horizontalachse zweier paralleler Zahnräder, wie die zu ihrer Drehung in beliebigem Sinne nothwendigen Rollen, Schnurläufe und Kurbeln tragenden Stativ besteht. Die Erscheinung eines feststehenden Rades mit doppelt soviel Zähnen, wenn das Auge in der Achsenverlängerung der mit gleicher aber entgegengesetzter Geschwindigkeit gedrehten Räder steht, während bei ungleicher Rotationsschnelligkeit jenes Trugbild im Sinne des rascheren Rades läuft, und bei schiefer Betrachtung gekrümmte Speichen oder Zähne zu haben scheint, erklärt sich unter Hinzunahme der relativen Dauer der Gesichteindrücke daraus, dass das Auge von den scheinbaren Durchschnittspunkten schnell rotirender Linien bloss den Eindruck der vorderen empfängt, von allen andren Punkten den zu einem gemeinsamen Bild combinirten Eindruck beider Linien. — Für die organische Physik von besondrem Interesse ist die daran geknüpfte Bemerkung über die Bewegungserscheinungen der Baker'schen Räderthierchen; an beiden Seiten seines Kopfes scheinen Räder mit 14—15 kurzen Speichen zu stehen, welche indess nur während der sehr schnellen, anscheinend continuirlich in gleicher Richtung erfolgenden, von Baker jedoch auch entgegengesetzt gesehenen und thatsächlich je nach physiologi-

schen Zuständen in der Geschwindigkeit variirenden Bewegung als solche erscheinen, so dass Faraday zur Annahme von Trugbildern sich veranlasst sieht, etwa hervorgebracht, indem Fäserchen am Kopf des Thieres in tangentialer Richtung schnell vorwärts und langsam zurück gehen, im ersten Falle dem Auge schwerer erkenntlich, als im zweiten, womit Unterbrechungen derErscheinung entstehen, welche einen Rundumlauf der successiven Schwingungen imitiren. Nach einer von Poggendorf beigefügten Notiz fand diese Auffassung in Ehrenberg's mikroskopischen Untersuchungen Bestätigung; theils konische Bewegungsbahnen der feststehenden Wimpern, theils abwechselndes Aufrichten und Niederlegen soll eine scheinbare Raddrehung simuliren, deren in eine geradlinige Wellenbahn verlegtes Analogon an jedem im Winde wogenden Achrenfeld gesehen wird. —

Die Biegung der Speichen vorüberrollender Wagenräder, welche durch ein feststehendes Gitter betrachtet werden, Sinsteden's scheinbare Umkehrung der Drehungsrichtung von Windmühlenflügeln, die im seitlichen Winkelabstand von 20—30° aus grösserer Entfernung einige Zeit starr angesehen worden waren, die bei dieser Gelegenheit erwähnte Täuschung, dass der an der Vorhallendecke des Japanschen Palais von Sanssouci mit einem Reif gemalte Affe stets auf den beliebig postirten Beobachter zuzuspringen scheint, Mohr's ähnliche Erzählung, dass aus einem Bilde des Kölner Stadtmuseums ein Schütze immer seinen Stutzen auf die betrachtende Person zu richten scheint, weil der in diesem Fall in der Projection der Mündung verschwindende Büchsenlauf in der That nicht gemalt ist, dessen Pseudoskopie am Brandenburger Thore zu Berlin, wonach einem von den Linden her sich Nähernden die Pferde des Viergespannes sich aufzurichten scheinen, welche Täuschung mir leider mein oft dazu eingeladenes Auge stets verweigert hat, Kämmerer-Andershof's Mittheilung, dass bei günstiger Stellung die Ausbauchung der Schiffsegel sowohl gewölbt als vertieft auf derselben Seite gesehen werden könne, auch die Richtung der Segelgaffel im Urtheil eine Umkehrung leicht erfahre, wovon ich Ersteres auf der Ostsee bestätigt fand, Oppel's in der Nähe von Schaffhausen am Rhein gemachte Beobachtung, dass, nachdem man längere Zeit auf die wild und rasch dahinströmenden Wassermassen geschaut hat, dem seitwärts zum festen Erdboden zurückkehrenden Blick Sand und Steinchen in lebhafter doch mehr wühlender als fortschreitender Bewegung zu sein scheinen, welche nach etlichen Secunden allmälig verschwindet, und auf die visuelle Reaction zurückgeführt wird, laut deren die andauernd von bewegten Bildern gereizte Netzhaut den danach empfangenen ruhigen eine entgegengesetzte Bewegung aufprägt, Dove's Erzählung, dass er in einem grossen, nicht in Coupé's getheilten Wagen durch enge Einschnitte eines Kohlengebirges fahrend und lang zum Fenster hinaus-

sehend bei Einwärtskehrung des Blickes den Eindruck eines hochgewölbten Saales empfing, was ähnlich der scheinbaren Verkleinerung äusserlicher Gegenstände eine Folge ist der Combination der ungewöhnlichen Geschwindigkeit des horizontalen Fortschreitens mit der im Vergleich dazu herabgeminderten Höhe der Aussenobjecte, — mögen als einige Beispiele motorischer Pseudoskopien genügen.

Von vielem Andren, was hier übergangen werden muss, erscheint Brewster's pseudoskopische Vertauschung eines Bas- und Haut-Relief bemerkenswerth, die er von der fortgesetzten Anstrengung des Geistes, sich selbst zu täuschen, herleitet (1826), während Moser (1844) an die Gewöhnung des Auges appellirt, helle Gegenstände oder hellere Theile desselben Objectes für näher als die andren zu halten, wonach man in vertieft geschnittene Höhlungen nur relativ am meisten Licht fallen zu lassen brauche, um sie hervortretend, den Schnitt also erhaben zu sehen. Schroeder (1852) ersetzt oder ergänzt die physikalische Erklärung durch eine vorwiegend psychologische. „Die Wahrnehmung der wirklichen Contouren der Theile des Objects erzeugt die Vorstellung der Matrize; die Wahrnehmung der Vertheilung von Schatten und Licht sucht viel mächtiger, als ein Gemälde es kann, die Vorstellung der plastischen Form des abgebildeten Gegenstandes, die Vorstellung der Patrize zu erwecken. Was man Geistesversenkung nennt, ist nichts andres, als der Zustand des Geistes, in welchem derselbe lebhafter sich den Eindrücken seiner Vorstellungen als den Eindrücken der Sinne und der Aussenwelt hingibt; in diesem Zustande entsteht die Vorstellung der Patrize, und ist sie einmal entstanden, so haftet sie hartnäckig." Das invertirte Bild soll in eigenthümlich lieblicher „verklärter" Beleuchtung schimmern, weil wegen der bezüglich der Richtung der wirklich einfallenden Strahlen umgekehrten Lage von Schatten und Licht dieses aus dem Innern des ins Erhabene umgestalteten Körpers zu kommen scheint. Die magische Wirkung einer verborgenen oder von ungewohnten Punkten aus agirenden Lichtquelle betont auch Oppell und construirt, um in das optische Inversionsverfahren vertiefter Formen Sicherheit zu bringen, das Anaglyptoskop, bestehend aus vier schmalen vertikalen Rändern einer flachen Gipsmatrize, deren einer mit Spiegelfläche belegt das vom jenseitigen theilweise verdeckte Licht reflectirt. —

Chromatische Pseudoskopien gehören eigentlich in zwei verschiedene Abtheilungen optisch-physiologischer Untersuchung, der specifischen Erscheinung wegen in die Lehre von den Farbenempfindungen, in Betracht der oft völlig farblosen Reize und ihrer formellen Reactionen aber zur allgemeinen Sehtheorie, an welche sie hier zur kurzen Erledigung einer im Einzelnen oft höchst complicirten, doch nicht sehr fundamentalen Frage angeschlossen werden

mögen. — Nicht ganz unterbleiben darf die Erinnerung an die heroischen Wiederholungen oder vielmehr Steigerungen der Darwin'schen Augentäuschungen durch Ritter (Jena 1804), welcher sein Auge durch gewaltsame Vorrichtungen zwang, zwanzig Minuten lang starr ohne jeglichen Schutz in die Sonne zu sehen, wodurch er unter brennenden Empfindungen in der Tiefe des misshandelten Organes momentan erblindete, dann das Auge auf ein grellrothes Papier wendend dasselbe indigblau sah. „Sodann fingen die Ränder der wohl 24 q'', grossen Fläche an matt zu werden und durch eine schnell vorübergehende Nuance von mehr Grau als Grün gingen sie über in schwaches Roth, was nun immer mehr zunahm, dem aber eine lange Zeit noch viel daran fehlte, die Lebhaftigkeit zu haben, wie das Papier vor dem Versuch. Während dessen zog sich der gewordene blaue Kreis immer mehr ein, wurde auch matter, und das Roth trat immer weiter herein; so fuhr das Ganze fort, bis, nach Umständen, nach 5—10 Minuten und später endlich ein blauer Fleck von etwa 4''' Durchmesser zurückblieb, der nun keiner weitern Reduction mehr fähig schien, die schnell vor sich gegangen wäre. Gegen das Ende des sich Zurückziehens des blauen Kreises aber trat noch eine neue Erscheinung ein. Es bildete sich in der Mitte des Blau eine helle Stelle, die nach und nach in Goldgelb überging und endlich in der Mitte wie eine kleine glänzende Flamme erschien. Dies auf dem schönen blauen Grunde gesehen, und zwar auf feinem rothen Siegellack, war ein herrliches Phänomen." — Trotz dieser verführerisch rühmenden Beschreibung des Schlusseffectes wird der gefährliche Versuch nicht leicht einen Nachahmer finden, um so weniger, nachdem das glücklicher Weise nur vorübergehende Missgeschick des edlen Fechner die ebenso sehr bewundernden als bedauernden Physiker aufs Neue zur Vorsicht ermahnt hat. — Das umgekehrte Ritter'sche Experiment, auf objectivem Blau für das geblendete Auge scheinbares Roth zu entwickeln, gelang zwar zweifellos aber weniger intensiv. Anderweitige Modificationen der in Gilbert's Annalen der Physik: XIX beschriebenen Beobachtungen führten ihn zur Ueberzeugung, „dass Alles, was nur irgend Farbe hat, dient, sowohl durch das verstimmte Auge mit der umgekehrten Farbe gesehen zu werden, als auch von dieser umgekehrten die abermals umgekehrte Täuschung zu geben." —

Die bei allen Augentäuschungen um den Gegenstand in der entgegengesetzten Farbe von der des letzteren gesehenen, durch Darwin und Himly bekannt gewordenen Höfe entstehen statt wie hier in Folge innerlicher Ueberreizung der sensiblen Elemente des Organes auch durch rein physikalische Acte in dessen brechenden Medien, was zum Theil der Augenheilkunde angehörig bloss flüchtig erwähnt wird. Ich selbst sah die Erscheinung am auffälligsten am Neujahrsmorgen 1875 um die Flamme einer das Frühstückzimmer erhel-

lenden Lampe in solcher Grösse und Schönheit — der die blassen Spectralfarben tragende zu fast plastischer Kugelform ausgeweitete Hof hatte auf 1 m. Augenabstand einen scheinbaren Durchmesser von 10 m., der ziemlich genau im Verhältniss der variirten Entfernung nach bekannten geometrischen Regeln sich änderte — dass ich im ersten Moment an eine objective Begründung in ungewöhnlichem Dunstgehalt des übrigens troknen und wohl geheizten Zimmers dachte, dann, nachdem diese Vermuthung durch die jegliches Sonderphänomen verneinende Aussage der um den Tisch versammelten Familienglieder beseitigt war, an gröbere äusserliche Verunreinigung meiner Augen, welche jedoch, da ich kurz zuvor in gewohnter gründlicher Weise vollständige Toilette gemacht hatte, gleichfalls von der Hand gewiesen werden konnte. Dagegen ergab die Untersuchung im Spiegel eine schwach convexe, etwa 1 q. mm. grosse Phlyktäne am rechten Auge circa 2 mm. vom Irisrand nach Aussen und Unten, von welcher aus muthmasslich serös-eiteriges Excret über den Augapfel sich verbreitete, dessen feste Elemente an ihren Rändern zu Beugungen und Interferenzen der Lichtstrahlen führen konnten, welche auch Wallmark (1849) als Ursache der von Brougham (1796) in Widerlegung Newton's, der das allerdings am häufigsten unmittelbar nach Oeffnung der Augen auftretende Phänomen aus den beim Schliessungsdruck entstandenen Cornealrunzeln hergeleitet hatte, durch die optische Inflexion an undurchsichtigen feinen Fasern der Hornhaut, von Brandes aber mittels localer Verdichtungen erklärten Farbenringe um künstliche Lichtflammen anerkennt. — Nach Meyer in Leipzig (1855) ist ein der Lichtquelle gleichfarbiger Ring, umschlossen von einem rothen, wohl auch noch einem blaugrünem und wieder rothem, allen Augen nach erweckter Aufmerksamkeit sichtbar und mit Ausnahme des innersten gelben Hofes, welcher auch aus einfacher Brechung der Lichtstrahlen folgen würde, am besten aus der Beugung der Wellen beim Durchgang durch ein enges Netz, herrührend von sehr verschiedenartigen anatomischen oder physiologischen Zuständen der Augenmedien (vielleicht der Morgagni'schen Zellenlage unter der vordren Linsenkapsel), erklärlich. — Ob wirklich das besagte Phänomen gewissermassen normal und keinem Auge erspart ist, bezweifle ich; jedenfalls sehe ich es nicht zu allen Zeiten, und anderseits ist mindestens die Begünstigung und Steigerung desselben durch Woehler's Bemerkung ausser Frage gesetzt, dass der Einwirkung von Osmiumsäure (und vermuthlich manch andrer dunstförmigen Schädlichkeit des chemischen Laboratoriums) ausgesetzt gewesene Augen oberflächliche und vorübergehende Structurveränderungen erfahren, welche genau zu den beschriebenen Pseudoskopien führen.

Bei dieser Gelegenheit mag an die bekannte Erscheinung ausschliessender Strahlen erinnert werden, wenn man gegen eine

Lichtflamme blinzelt. Lichtbrechung in oberflächlichen Falten der Hornhaut (Descartes), an den Augenlidrändern (? Rohault), Zurückwerfung der Strahlen an diesen oder Brechung in adhärirenden Tröpfchen (de la Hire), Beugung an denselben (Smith) oder den Wimpern (Priestley), Brechung in Furchen der Linsenkapsel, wofür später diejenige in den äusserlich am Auge klebenden Feuchtigkeiten substituirt ward (Vieth), werden vom letzt erwähnten Forscher als Erklärungsversuche des Phänomenes in einer umfangreichen Monographie (1805) ausführlich discutirt, natürlich zu Gunsten der Schlusshypothese, welche Kries durch Zurückwerfung der Strahlen an den als Cylinderspiegel wirksamen Wimpern, Gilbert aber wohl am richtigsten durch Beugung des Lichtes zwischen ihnen ersetzte. — Ich hätte diese „physikalische Controverse" nicht erwähnt, wenn nicht bei Anfängern optischer Studien oder Solchen, welche hinsichtlich dieser überhaupt am äusseren Scheine haften bleiben, zuweilen die Vermuthung getroffen würde, dass derartige und ähnlich entstehende Strahlen wirkliche Bahnen des Lichtes in einer Realität darstellten, welche die longitudinale Verbreitung gegenüber den ohnedem schwer verständlichen Transversalschwingungen ausser Zweifel bringe. Es dürfte abgesehen von der allgemeinen Incompetenz subjectiver, zumal hier pseudoskopischer, Erfahrungen zur Entscheidung theoretischer Fundamentalfragen die Bemerkung am Platze sein, dass wir die eigentlichen physikalischen Acte, welche als Träger der optischen Phänomene angenommen werden dürfen, niemals sehen, sondern bloss den von ihren letzten Gliedern ausgelösten Nervenreiz an den wahren oder scheinbaren Anfang ihrer Kette verlegen. —

Eine eigenthümliche Pseudoskopie hat Wilhelm von Bezold in einer im Archiv für Ophthalmologie 1869 veröffentlichten, auch mathematisch begründeten Arbeit, aus Zerstreuungsbildern auf der Netzhaut, welche bei Betrachtung gewisser Figuren aus das Accommodationsvermögen überschreitenden Abständen entstehen, hergeleitet und mittels einer Linse objectivirt. Die experimentalen Thatsachen beschreibt am besten der Autor selber: „Betrachtet man einen kreisrunden schwarzen Fleck auf weissem Grunde zuerst aus der grössten Distanz, für welche man accommodiren kann und entfernt man sich dann allmälig immer weiter von demselben, so scheint er sich immer mehr zusammenzuziehen, während ein ihn umgebender grauer Hof fortwährend an Umfang gewinnt. Mit einem Male aber verschwindet das schwarze Centrum vollständig und an seine Stelle tritt ein heller etwas bläulich gefärbter Fleck, der bei zunehmender Entfernung sich immer mehr vergrössert, bis endlich das Ganze nebelartig verschwimmt. Anders gestaltet sich die Sache, wenn man an die Stelle des unbegrenzten Grundes einen weissen Ring treten lässt, wobei man den äusseren Radius desselben am besten dreimal

so gross wählt, als den innren. Dann sieht man in der richtigen Entfernung eine ziemlich gut begrenzte, entschieden bläulich weisse Fläche an die Stelle des schwarzen Punktes treten, umgeben von einem dunkleren röthlich braunen Ringe, der abermals von einem helleren umschlossen wird. Viel schöner sieht man diese im Zerstreuungsbild eintretenden Umkehrungen des Originales, wenn man eine Reihe abwechselnd heller und dunkler concentrischer gleichbreiter Ringe dem Auge darbietet. Nachdem je nach dem Abstand zwei oder drei Umkehrungen stattfanden, nimmt bei fortgesetzter Entfernung vom Objecte das Ganze eine höchst eigenthümliche Gestalt an. Die Kreislinien, die bei der ersten Umkehrung noch ganz regelmässig erscheinen, zeigen bei der zweiten schon bedeutende Abweichungen von ihrer ursprünglichen Form und gehen endlich in ein System mannigfaltig gekrümmter unterbrochener Linien über. Bei binocularer Betrachtung erhält man den Eindruck einer Rosette." —

Ich meinerseits sehe den zuerst erwähnten schwarzen Kreis bei einem Durchmesser von 3.5 mm. nur bis 12.5 cm. Abstand scharf begrenzt, von da ab verschwommen, den grauen Hof undeutlich und den Uebergang in einen blauen Fleck gar nicht. Ist der schwarze Kreis von einem 2.5 mm. breiten weissen Ring eingeschlossen, woran nach aussen beliebig erstreckter schwarzer Grund sich anschliesst, so tritt dagegen die blaue Färbung der Centralscheibe für mein Auge bei einem Abstand von 26 cm. sehr bestimmt und schön auf, während die röthlich braune Nuancirung der Umgebung höchstens andeutungsweise sich einstellt; bei 45 cm. Abstand erblicke ich einen weissen Kreis von schwarzem Ringe umsäumt und diesen von einem weissen eingeschlossen, bei 54 cm. Entfernung bloss noch einen unbestimmt begrenzten weisslichen Fleck. Wenn um den 3.5 mm. im Durchmesser haltenden schwarzen Fleck vier weisse und abwechselnd ebenso viele schwarze Ringe gleicher Breite gelegt sind, tritt die blaue Farbe des Centrums bei 37.5 cm. auf, die erste schwache Verzerrung der bis dahin nach Nuance und Umrissen unverändert gebliebenen Kreise bei 45 cm., wobei der Mittelfleck weiss geworden ist und es bleibt bis 62.5 cm., wo er unter namhafter Verzerrung der gewellten und spiralig nach Innen laufenden Ringe wieder schwarz erscheint. — Beobachtungsresultate unter Benützung verschiedentlicher Farben und Formen, mit deren Sammlung ich eben beschäftigt bin, werde ich besonders veröffentlichen. —

Zur objectiven Darstellung der Erscheinungen schneidet v. Bezold aus dem Stanniolbeleg von Glasplatten die Versuchsfiguren so aus, dass jener an den dunklen Stellen stehen bleibt, beleuchtet diese Platten durch in einer Linse concentrirte Strahlen, und entwirft mittels einer zweiten Linse ein reelles Bild auf einem Schirm, dessen Verschiebung zur Hervorrufung der betreffenden Trugbilder genügt,

und zwar in solcher, der subjectiven Beobachtung unzugänglicher Ausdehnung, dass mit n Ringen ebenso viele Umkehrungen unter jedesmaligem Verluste eines peripherischen Kreises erzielt werden. —

Zur Erklärung der beschriebenen Phänomene genügt v. Bezold's Hinweis, dass mit wachsendem Abstand der Projections- und Bildfläche die zunehmenden Dimensionen der allen hellen Punkten entsprechenden Zerstreuungskreise bald übereinandergreifen und somit Stellen von erhöhter Helligkeit erzeugen. Eine geometrische Symmetrie dieser optischen Erzeugnisse wäre nur möglich bei einem vollkommen symmetrisch wirkenden Lichtbrechungsorgan, während Dank den bekannten desfallsigen Abweichungen des Auges die einzelnen Zerstreuungsbilder weder gleichförmig hell, noch regelmässig begrenzt ausfallen, sondern Verzerrungen erleiden, welche in geradem Verhältniss zu ihrer Grösse stehen, und einen indirecten Beweis für die optische Unvollkommenheit des menschlichen Sehwerkzeuges abgeben.

§. 510. (zu §. 171.) — Sofern die Receptivität der Sinnesorgane wesentlich der Aussenwelt zugewendet ist und unsre Beziehungen zu ihr vermittelt, verlegen wir in diese alle Empfindungen jener, selbst dann, wenn die Erregung derselben ohne jeglichen objectiv erkenntlichen Anlass eine rein innerliche, circulatorisch-mechanische oder dynamisch-nervöse ist. Neben diesen vorwiegend der Pathologie anheimfallenden, der physikalischen Erforschung grossentheils entzogenen Erscheinungen gibt es solche, denen der interne Charakter gleichfalls zukommt, deren Ursache jedoch ganz bestimmte, mehr oder weniger direct nachweisbare Veränderungen der brechenden Medien sind, womit die betreffenden entoptischen Phänomene ebenso gut der Physik als der Physiologie angehören.

Schattenwerfende Körperchen sind näher oder ferner der Netzhaut im Innern des Auges ziemlich häufig, ja theilweise constant vorhanden, man sieht sie aber in der Regel nicht entweder weil sie wie die Retinalgefässe stets die nämlichen, also jeder differenten, hiemit allein bewusst werdenden Erregung ermangelnden Stellen der empfindenden Fläche beschatten, oder weil beim Normallichteinfall durch die gesammte Pupille diese als verhältnissmässig weit ausgedehnte leuchtende Fläche mit ihren ins Auge dringenden Lichtwellen alle kleineren Objecte, von denen hier in der Regel die Rede ist, reichlich genug umflutet, um jeden Schatten auf der Netzhaut zu verhindern. Derselbe tritt dagegen in den Strahlen deutlich hervor, welche eine räumlich möglichst punktuell beschränkte nah dem Auge stehende Lichtquelle in dieses sendet. Entwirft (Fig. 38) die Linse a von der Flamme b ein reelles Bild c in der feinen Oeffnung eines Schirmes, woselbst zugleich der vordere Brennpunkt des Auges d liegen mag,

Fig 38.

so wird das divergente Strahlenbündel cef im Auge parallel und entwirft vom entoptischen Object g auf der Netzhaut den gleich grossen Schatten γ. Der Verlauf der gestrichelten und punktirten Linien zeigt dass derselbe beziehentlich vergrössert und verkleinert ausfällt, wenn der Leuchtpunkt c' innerhalb oder c'' ausserhalb der Augenfocalweite cd steht, womit die Erfahrung stimmt, dass die entoptischen Erscheinungen mit Annäherung des Auges an die Lichtquelle wachsen, mit der Entfernung abnehmen. — Das Feld, auf welchem alle entoptischen

Fig. 39.

Fig. 40.

Phänomene projicirt werden, ist der bei parallelem Strahlengang der Pupille ab gleiche Lichtkreis $\alpha\beta$ (Fig. 39.). Ein in der Ebene jener gelegener Gegenstand c wird bei unverändertem Strahleneinfall für jede Augendrehung (Fig. 40) seine relative Lage gegen die Schattengrenze der Iris in γ behalten, während ein hinter der Pupillarebene schwebender Körper d nach einer gegen l hin ausgeführten Augenwendung in Bezug auf das Lichtkreiscentrum γ seinen Schatten δ gegen r hin, im scheinbaren stets dem wahren retinalen verkehrtsinnigem Aussenbilde also übereinstimmend mit der Verschiebung des Visirpunktes gegen l seitwärts projicirt. Ein vor der Pupillarebene befindliches Object e dagegen tritt unter gleichen Umständen mit seinem wirklichen Schatten ε nach l vom Lichtmittelpunkt, in der Aussenprojection demnach entgegengesetzt der Augendrehung gegen r hin. Diese beziehlich positive und negative relative entoptische Parallaxe Listing's gibt mithin ein ebenso einfaches als sicheres Mittel zur annäherungsweisen Bestimmung der entoptischen Orte an die Hand. —

Zur genaueren Messung des Retinal-Abstandes der entoptischen Glaskörper-Objecte erzeugte Brewster von einem einzelnen derselben mittels zweier ins Auge geleiteter homocentrischer Strahlenbüschel zwei Schatten, deren gegenseitige Entfernung einen Schluss auf die erstere Grösse erlaubte. Statt der von ihm durch eine Linse betrachteten Flammen benützt Donders eine Metallplatte mit zwei feinen 1.5 mm. voneinander abstehenden Löchern, durch welche gegen die hellbeleuchtete entoptische Projectionsfläche gesehen wird.

Weiteres entoptisches Detail scheint mir nicht am Platz. Nur die häufigste Erscheinungsform der in Falten, Perlschnüren, besonders aber in unregelmässigen Gruppen verschieden grosser und dunkler Kreise oder Körnerhaufen auftretenden mouches volantes sei noch erwähnt, weil solche ängstlichen Gemüthern nicht selten als Anfang und Drohung einer schweren Schädigung des Sehorganes imponiren, während sie fast keinem Auge gänzlich fehlen, in der Regel die völlig unschuldigen Schatten sind von kleinen nicht bloss scheinbar mit dem Auge sondern wirklich doch in beschränkter Weise beweglichen Körpern, welche als muthmassliche Reste embryonaler Bildungen in der Glasfeuchtigkeit schwimmen, und höchstens symptomatisch bei reichlicherer Entwicklung gelinde Reizungszustände und gesteigerte nervöse Empfindlichkeit des Auges andeuten. —

§. 511. (zu §. 177.) — Die im Interesse gewisser Anschauungen nothwendigen oder jedenfalls unterstützenden Augenbewegungen sind so gut wie ausschliesslich Drehungen nach dem Schema des Kugelgelenkes um einen ungefähr 13.5 mm. hinter dem Hornhautscheitel gelegenen Punkt. Die in solchem Falle unendlich vielfach möglichen Bewegungen beschränken sich nach dem empirisch bestätigten Listing'schen Gesetz auf die Drehungen um zwei Achsen, welche in der den bulbus in eine obere und untere Hälfte theilenden Aequatorialebene liegen und in dem dazu senkrechten Vertikalmeridian; bei der Drehung um die erstere, quere, Achse wendet sich das Auge nach Oben oder Unten, bei derjenigen um die zweite (sogn. Höhen-) Achse nach Innen oder Aussen, während um die von Vorn nach Hinten laufende, bei aufrechter Kopfhaltung horizontale Blicklinie Raddrehungen ausgeführt werden; die Ausgangssituation für alle fraglichen Bewegungen wird als die bei normaler Lage der Körpertheile einen geraden Blick nach Vorwärts gewährende Primärstellung bezeichnet. — Die wirkliche Ausführung der betreffenden Acte durch die Augenmuskeln überlasse ich der Physiologie und erwähne bloss, dass trotz der anscheinend sehr regelmässigen Anordnung derselben die mechanisch-geometrischen Voraussetzungen ihrer Functionen keineswegs so genau mit den mathematischen Achsen des Augapfels zusammenfallen, um jede einfache Leistung an Ei-

nen bestimmten Muskel binden zu können. Vielmehr bilden die muskularen Drehungsaehsen, welche auf den, durch Drehpunkt und Verbindungslinie der Ursprung- und Ansatzmittelstellen gelegten Muskelebenen senkrecht stehen, folgende Winkel mit der

Ocular-querachse	Höhen-achse	und	Blick-linie	für musc.
95°27′	9°15′		96°15′	rectus externus
94°28′	173°13′		85°1′	„ internus
151°10′	108°22′		111°21′	„ superior
37°49′	114°28′		63°37′	„ inferior
60°16′	90°0′		150°16′	obliquus superior
119°46′	90°0′		29°46′	„ inferior

§. 512. (zu §. 179.) — Der eigenthümlichste Entstehungsmodus subjectiver Farbenempfindungen wird 1873 von Nussbaumer beschrieben, welcher solche aus Anlass objectiver Gehöreindrücke in sich auszulösen vermag; hohe Männerstimmen rufen gelbe, rauhe: braune, die Geräusche einer arbeitenden Säge grüne Farben in seinem Auge hervor, das sogar deren Nuancirungen nach den beigemengten Obertönen bestimmt, demnach bestimmte musikalische Klangfarben chromatisch charakterisirt, z. B. diejenigen einer Trompete durch glänzendes Goldgelb. In diesen seltsamen Erscheinungen, welche wenn sie mehr als blosse, auch wohl andren Menschen geläufige Analogisirungen sein sollen die Ableitung qualitativ verschiedener sensorieller Zustände von der nämlichen Sinneserregung fordern, wofür mir nur Ein ähnliches Beispiel in den sehr ins Detail eingehenden, eben deshalb einigermassen bedenklichen, mehr dem Bereich der Phantasie, als der sensuellen Acte anheimfallenden Vergleichen eines Blinden zwischen den Tönen musikalischer Instrumente und Farben (z. B. Orgel: violet, Trompete: roth, Oboe: gelb) bekannt ist, sieht Benedict ein pathologisches Phänomen des akustisch-optischen Zwangconsenses (Heterotopie) obwohl an dem abnorm begabten Beobachter nichts als Myopie mit mässigem Accommodationskrampf constatirbar war.

Zur Auffindung pathologischer Grenzen der Farbenempfindungen stellte Schön die normalen Farbengrenzen mittels Einschiebung farbiger Plättchen von der Peripherie des in maximo zu 75° bestimmten Sehfeldes her

	Oben zu:	Aussen:	Unten:	Innen:
für Blau fest	45°	65°	60°	60°
Roth	„ 40°	„ 60°	„ 50°	„ 50°
Grün	„ 30—35°	„ 40°	„ 35°	„ 40°

Diese Farbengrenzen ziehen sich bei Atrophie des Sehnerven zurück und geben damit das genauste Mass der excentrischen Sehschärfe. Am frühsten wird die Erkennung des Grün erschwert, dann von Roth

und Gelb, während die Empfindung des Blau am längsten vorhält. Bei Glaukom erscheint die Aussengrenze der Farben einseitig beschränkt, bleibt aber im Contourenverlauf concentrisch, welcher in Retinalleiden Unregelmässigkeiten erfährt.

Durch äusserliche Steigerung des Intraoculardruckes, erzielte Reich ausser entoptischen Pulsationen monochromatische Bilder, indem ein primär rother Reiz abklingt in Orange, Gelb, Grau; ein grüner in Grüngelb, Gelb, Grau; ein blauer in Violet, Grau und volle Dunkelheit. —

Eine neue Methode, Blendungsbilder im Auge zu entwickeln, beschrieb Carlo Marangoni in Florenz ausgehend von der zufälligen Beobachtung, dass ihm ein aus dem Fenster des astronomischen Observatoriums betrachtetes Panorama der Stadt in einem andren Zimmer bei Bewegung der Augenlider als verwirrtes Nachbild erschien. Das für die Hervorrufung des letzteren nothwendige periodische Auffangen und Abschliessen des Lichtes im Auge bewerkstelligte er nun mittels Pappscheiben aus weissen und schwarzen Sectoren, welche mit beliebiger Schnelligkeit in guter Beleuchtung umliefen. Bei gehöriger, von der Erfahrung leicht im günstigsten Grade feststellbarer Regulirung beider letzterer Momente werden auf solch einer „entwickelnden" Scheibe die „entwickelten" Nachbilder eines zuvor betrachteten Objectes scharf und anhaltend projicirt. Eine besondre Experimentalkritik der besagten Bedingungen führt zur Erkenntniss, dass die Drehungsschnelligkeit bezüglich der Folgeerscheinungen in Zusammenhang mit der Anzahl der aufgetragenen Sectoren steht; besteht die Scheibe bloss aus einem schwarzen und einem weissen Halbkreis, so erscheint bei einer Rotations-Dauer von 2 sec. auf jenem, wenn er dem Auge gegenübersteht, ein positives, auf diesem ein negatives Nachbild, jedes schwach und bei einiger Beschleunigung verschwindend; erst nachdem die Geschwindigkeit ungefähr den vierfachen Werth der ursprünglichen erreicht hat, wird ein neues Nachbild sichtbar, erlangt bei der Umlaufzeit: 0.11 sec. ein maximum und erlischt bei 0.08 sec. Eine Scheibe von 20 schwarz-weissen Sectoren gab bei denselben Geschwindigkeiten kein Nachbild, sondern erst als der Umlauf fast zehnfach verlangsamt ward; für vier Sectoren musste zum besten Effect die Rotationsschnelligkeit der ersten Scheibe halbirt werden; im Allgemeinen steht also die Normalgeschwindigkeit der höchsten Entwicklung in verkehrtem Verhältniss zur Sectorenzahl. In zweiter Linie lässt sehr schwache Beleuchtung gar kein Nachbild aufkommen; allmälige Verstärkung des reagirenden Lichtes führt zur Entwicklung eines positiven, das bei fortgesetzter Steigerung der Helligkeit nach einigen Oscillationen von Verschwinden und Wiederkehr in das negative übergeht, dessen anfangs von mehrmaligem Rückfall in die positive Erscheinung bedrohte Existenz erst durch eine sehr intensive Bestrahlung

zerstört wird. Der primär betrachtete Gegenstand, hier eine von der Sonne beleuchtete Gipsbüste, hat insofern Einfluss auf die Erscheinung als diese, in der Regel nach 6—8 sec. auf der entwickelnden Scheibe aus einer zuerst an ihr gesehenen dunkler schattirten Stelle hervortretend, eine bis zu dem für eine Beschauungsdauer von 40 sec. erreichten maximum steigende Anzahl von Alternativen nur dann sehen lässt, wenn das Erregungsobject länger als eine Sekunde hindurch aufs Auge wirken konnte. Färbungen des Nachbildes, welche immer nur schwach entwickelt sind, erleiden mit den Alternativen stets die complementären Variationen. In angeknüpften theoretischen Erwägungen sucht der Autor die Plateausche Theorie einer Oscillation der retinalen Reizzustände mit Fechner's Erklärungs-Principien einer Andauer leuchtender Erregung und einer Verminderung der Nervenempfindlichkeit an überreizten Netzhautstellen zu verschmelzen, was indess nach seinem eigenen Geständniss erst als gelungen erachtet werden darf, wenn „mit neuen und unwidersprechlichen Erfahrungen die Thatsache der periodischen Veränderungen in der Intensität der positiven Nachbilder (mit denen während der Entwicklung zu gleicher Zeit die negativen in den Augen vorhanden sein sollen, so dass die Erscheinungsphase nur von der jeweiligen Intensität der einen oder andern abhängt) bestätigt ist." — Der reine Charakter der Phänomene als Blendungsbilder geht daraus hervor, dass die directe Sonnenbestrahlung des inducirenden Objektes nothwendig ist, das zerstreute Tageslicht aber zur Entfaltung der Nachbilder nicht genügt. Ein innerer Connex des inducirenden und inducirten Zustandes beider Augen findet nicht statt, denn wenn die directe Betrachtung des erregenden Gegenstandes bloss mit dem einen, mit dem andern aber diejenige der entwickelnden Scheibe ausgeführt wird so wartet man vergeblich auf Nachbilder, was, wenigstens bei mir, auch für die Contrastfarben gilt. —

Die Beobachtung rotirender Scheiben mit gleich breiten schwarzen und weissen Sectoren erklärt Exner für geeignet, den abfallenden Ast der im positiven Nachbild zu Tag tretenden Erregungscurve zu ermitteln, wenn man den aufsteigenden eines intermittirenden Netzhautreizes kennt; dieser besteht aus den Repräsentanten zweier Zustände, deren einer positiver der Zeit einfach proportional wächst, der andre negative in einem Verhältniss zur Zeit zunimmt, „das durch die Curve des positiven Nachbildes versinnlicht wird." (?) —

Die scheinbaren Farbenänderungen im indirecten Sehen führt Woinow statt auf modificirte Thätigkeit der Netzhaut vielmehr auf relative Unempfindlichkeit einzelner Stellen für bestimmte Farben zurück (Archiv d. Ophthalmologie: XVI.), Bow beschreibt Variationen der Körperfärbungen im indirecten Sehfeld, Maxwell untersucht den Einfluss des gelben Flecks auf den Far-

benton; endlich wird Tait durch die Beobachtung, dass er unwohl einer von mattem Glasschirm bedeckten Gasflamme gegenüberliegend diese beim jedesmaligem Erwachen aus fieberhaftem Schlummer ungefähr eine Secunde lang auf tief rothem Grunde sah, zur Meinung veranlasst, dass aus dem Schlafe, woran die nervösen Empfindungselemente Theil nehmen, die dem Reiz der rothen Lichtwellen entsprechenden am frühsten zur Empfänglichkeit und Reaction sich erholen.

§. 513. (zu §. 186.) — In Kaiser's physiologischer Optik (Wiesbaden 1872, vornehmlich wegen Kürze und Bestimmtheit der Darstellung dem medicinischen Studium empfehlenswerth) werden der die identischen Punkte einer bestimmten Augenstellung verbindenden Curve folgende gemeinsame Eigenschaften zugeschrieben: Alle Richtungslinien, welche durch die der Curve angehörigen correspondenten Punkte gehen, schneiden einander im Gesichtfeld. Die Curve läuft in beiden Augen durchs Netzhautcentrum und besteht aus zwei gleichen Hyperbeln, deren Achse mit der Primärlage des Netzhauthorizontes einen Winkel von 45° macht. Die jedem Punkte einer Hyperbel entsprechenden Richtungslinien bilden je eine fächerartige Fläche, welche sich vom mittleren Knotenpunkt jedes Auges aus ins Unendliche erstreckt, um mit der andren irgendwo in einer Curve sich zu schneiden, welche den Fixationspunkt enthaltend, dem gemeinsamen Sehfeld beider Augen angehörig, durchweg auf identischen Retinalstellen abgebildet, also einfach sichtbar seit Aguilonius, 1613, als Horopter bezeichnet wird. Dieser verstand allerdings darunter eine, nie die jetzt mit dem besagten Begriff in Zusammenhang gebrachte Rolle spielende, Ebene durch den Fixationspunkt parallel zur Antlitzfläche gelegt, während der Horopter nach gegenwärtiger Vorstellung eine Curve doppelter Krümmung ist. Ihre hyperbolischen Projectionen auf beiden Netzhäuten, welche bei Verlegung des Fixationspunktes in die Horizontal- oder Median-Ebene in Gerade übergehen, nennt Kaiser das innere Horoptersystem, das äussere aber ein andres System zweier Hyperbeln, das entsteht, wenn die obenerwähnten Fächerflächen vor oder hinter dem Fixationspunkt von, am einfachsten zur Blickebene senkrecht gestellten, Ebenen geschnitten werden. Letzteres Curvensystem geht, wenn der Kreuzungspunkt beider Blicklinien in der Median-Ebene liegt, in zwei Gerade über, welche, falls jener hinter die Bildebene fällt, in der Richtung des auf- oder ab-wärts gewandten Blickes divergiren und ebenfalls in zwei, aber mit der Medianebene parallele Gerade, wenn der Kreuzungspunkt in der Primärebene des Blickes liegt.

Der streng lineare mathematische Horopter erfährt eine physische Erweiterung, indem nach Panum jedem Punkte

der einen Netzhaut ein kleiner doch flächenhafter Empfindungskreis der andern correspondirt, dessen einzelne Punkte mit jenem zum Einfachsehen conjugirt werden können, weil die mangelhafte Unterscheidungsfähigkeit der Nervenelemente den zu nah beisammenstehenden für einigermassen entferntere Objecte wenigstens keine disparate Aufnahme mehr gestattet.

Man kann endlich noch von einem perspectivischen Horopter sprechen, dessen einfache Sehobjecte indess nur von der Einbildungskraft verschmolzen werden, welcher daher keine physikalische Bedeutung hat. Hiebei spielt der Wettstreit der Sehfelder mit, hinsichtlich dessen vom Autor beim Schact die jedesmalige Prävalenz Eines Auges behauptet wird, dessen Eindruck so bestimmend ist, dass wir die sichtbaren Objecte mit diesem Auge an ihrem wirklichen Ort, mit dem andern aber so sehen, als wäre es mit den an seinem Standpunkt empfangenen Netzhautreizen auf das dominirende concentrisch übertragen. Der Wettstreit soll nun bewirken, dass der Eindruck, den beide Augen vom perspectivischen Horopter erhalten, periodisch alternirend wächst und erlischt, so dass die Bilder jedem einzelnen Auge in kurzen Intervallen erscheinen, zwischen denen dem Verschmelzungsbild eine eigentlich monoculare Existenz gewährt ist. —

Den Gegenstand dieser Nummer berühren auch v. Recklinghausen's Beiträge zur Theorie des Sehens im V. Band des ophthalmologischen Archives und im 110. von Poggendorff's Annalen. Er bestimmt darin die correspondirenden Netzhautpunkte durch die identischen Meridiane des bulbus und durch Kreise, welche mit gleichen Halbmessern um beide Punkte des directen Sehens beschrieben werden. Jene, von Ruete Trennungslinien genannt, haben den letzt erwähnten Punkt zum Pol, stehen einander bei den, dem Blick mit parallelen Gesichtlinien entsprechenden, Primärstellungen der Augen parallel, bei den Secundärpositionen, für die unter beliebiger Convergenz der Gesichtlinien die Visirebene um 35° unter den Horizont abweicht, so gelagert, dass die horizontalen nicht aus der Visirebene heraustreten, was in entgegengesetzter Richtung für die Tertiärstellungen geschieht, welche mit einer Raddrehung des Auges um die Gesichtlinie als Achse verbunden sind. Der sämmtliche Raumpunkte, deren Richtungslinien auf identische Netzhautcurven einfallen, enthaltende Horopter ist bei der Primärstellung der Augen eine Ebene, bei der Secundärstellung ein horizontaler Kreis und eine senkrechte Gerade, bei der Tertiärstellung auf letztere allein reducirt. — Ebenen, welche von der Gesichtlinie und je einem Augenmeridian bestimmt sind, heissen Richtungsebenen und zwar identische, sofern sie bei der Fixation des nämlichen Punktes sich schneiden in einer Linie, deren einzelne punktuelle Bildprojectionen zwar in identische Retinalmeridiane, aber

nicht auf streng correspondirende Nervenelemente fallen; die durch letztere Abweichung hervorgebrachte Seitenverschiebung der linearen Doppelbilder kommt, weil mehr excentrischen Theilen der Netzhaut zufallend, so wenig zu Bewusstsein, dass Gerade von der beschriebenen Lagerung einfach gesehen werden. Die hiemit für das Einfachsehen als bedeutsam hingestellten Durchschnittlinien identischer Richtungsebenen bilden den Mantel eines schiefen kreisförmigen Doppelkegel, dessen Spitze im Fixationspunkt liegt, dessen Höhe der Länge der Medianlinie gleicht, und dessen Grundfläche von einem Kreise dargestellt wird, der vom doppelten Raddrehungswinkel jedes Auges und vom Abstand der Kreuzungspunkte der in einer Tertiärstellung nach Oben gerichteten Augen abhängt. Als wesentlich erscheinen von dem Doppelkegelmantel zwei krumme Flächen, deren eine für die angenommene Augenstellung oberhalb der Visirebene liegt, jenseits einer auf dieser im Fixationspunkt errichteten Senkrechten sich erstreckt, und dem Beobachter ihre Convexität zukehrt, die andre unterhalb der Visirebene liegt, diesseits jener Vertikalen hinläuft und die Concavität zum Beschauer wendet. Für die Tertiärstellung nach Unten schlägt alles Angeführte ins Gegentheil um. Unter gleichmässiger Abnahme des Raddrehungswinkel, der Krümmungsstärke und der Vertikalabweichung geht die Fläche der Durchschnittslinien für die erreichte Secundärstellung in eine zur Medianlinie im Fixationspunkt senkrechte Ebene über. — Für die Praxis des Sehens wird aus diesen Untersuchungen abgeleitet, dass wir gerade Linien mit beiden Augen nur dann senkrecht auf der Medianebene unsres Körpers sehen, wenn sie in der Fläche der Durchschnittlinien identischer Richtungsebenen liegen, ferner: dass wir einen Gesichtseindruck beim Binocularsehen auf den Richtungslinien in ihre Durchschnittspunkte mit der Normalfläche verlegen, wenn Mittel zur Beurtheilung der Tiefe fehlen, andren Falles in Punkte diesseit oder jenseit der Normalfläche, entsprechend der Grösse dieser Mittel. — Bezüglich dieser Mittel wird durch Versuche Brücke's Theorie gerechtfertigt, dass der stereoskopisch körperliche Effect beruhe auf einer Reihe von Veränderungen im Convergenzwinkel der Gesichtlinien, durch welche wir Doppelbilder zu einfachen machen und dann den Objecten eine andre räumliche Tiefendistanz als den zuvor einfach gesehenen anweisen. —

Wilhelm von Bezold in München gibt im 130. Band von Poggendorff's physikalischen Annalen (1867) eine Untersuchung über Binocularsehen, als zusammenfassenden Auszug mehrerer in der Zeitschrift für Biologie veröffentlichter Abhandlungen, in welcher das betreffende Thema in einer das Verständniss fördernden Weise dargelegt ist.

Die Thatsache, dass der mathematische und empirische

Horopter nicht in Eines zusammenfallen, spricht gegen die absolute Giltigkeit der Müller'schen Identitätstheorie, wonach eine einfache Sehwahrnehmung der gleichzeitigen Reizung solcher correspondirender Punkte beider Netzhäute entspricht, auf denen bei parallelen Gesichtlinien ein unendlich ferner Punkt projicirt wird. Alle nicht auf dem als mehrzweigige Curve die identischen Netzhautpunkte verbindenden mathematischen Horopter liegenden Objecte sollten in Doppelbildern erscheinen von um so grösserem Abstand, je grösser derjenige der beiden Bildpunkte auf der Doppelnetzhaut ist; dies tritt indess nur bei Ueberschreitung gewisser Grenzdistanzen ein, innerhalb deren auch seitwärts vom mathematischen Horopter fallende Gegenstände einfach gesehen werden. Die hiemit gegebene erweiterte Bedeutung des empirischen Horopter, gegen welche die Angabe, dass neben dem Fixationspunkt die Doppelbilder bloss vernachlässigt würden, um so weniger vermochte, als der mikroskopisch anatomische Nachweis von im Sinne der identischen Punkte verbundenen Nervenfasern nicht gelang, erhielt eine Ergänzung durch die stereoskopischen Erfahrungen des Zusammenwirkens beider Netzhäute zur körperlichen Anschauung, so dass, obschon die von einigen Seiten ausgesprochene Vermuthung, man könne auch mit angeblich identischen Punkten doppelt sehen, keine allgemeine Bestätigung fand, von der Gegnerschaft der Identitätstheorie zur Aufstellung einer sie ersetzenden besondren Projectionslehre unter Annahmen geschritten wurde, welche weder einfach, noch vollkommen scharf genannt werden können. Das Auge soll nämlich die Ursache des eine Netzhautstelle treffenden Reizes in der von jener zum entsprechenden Objectpunkt gehenden Geraden auf einer durch den Fixationspunkt gelegten Fläche suchen, vor und hinter welcher alle Objecte doppelt erscheinen. Hiezu müsste uns das Muskelgefühl ganz genau von der jedesmaligen Stellung der Augen unterrichten, also bei deren Function überhaupt eine höchst wichtige Rolle spielen, mit welcher nicht recht vereinbar ist, dass dasselbe alienirt oder ausser Thätigkeit gesetzt sein soll, so oft trotz beträchtlicher Abweichung der Gesichtlinien von der Normalstellung dennoch einfach gesehen wird. Da dies insbesondere im Bereich stereoskopischer und prismatischer Anschauungen oft geschieht, ferner die von Hering beigebrachte Thatsache, dass das Nachbild doppeläugiger Fixation auch dann nicht in zwei zerfällt, wenn es nach seiner scheinbaren Grösse keineswegs in die Projectionsflächen verlegt wird, der Annahme der letzteren ungünstig ist, endlich die supponirte Feinheit des Muskelgefühles in seinen mangelhaften Leistungen bei Abstandsbeurtheilungen wenig Bestätigung findet, zieht v. Bezold dem angeblichen Fortschritt der Projectionslehre eine Modification des Identitätsprincipes vor, indem zuvörderst im Anschluss an die Untersuchungsresultate von Panum

und Volkmann, wonach bei geringen Abweichungen auch differente Netzhautpunkte zu einfachen Wahrnehmungen verhelfen, den identischen correspondirende Retinalstellen substituirt werden, deren Unterschied von den ersteren eben von den erfahrungsgemäss für das Einfachsehen zulässigen Grenzdistanzen bestimmt wird. Der unter Berücksichtigung derselben aufgesuchte geometrische Ort der wirklich einfach gesehenen Punkte, der „empirische Horopter“ hat eine bedeutende Ausdehnung, während die wahrnehmbaren Doppelbilder auf eine enge Fläche verwiesen sind. Umgekehrt kann man schliessen, dass unter gewöhnlichen Verhältnissen die Bilder aller Punkte auf nahezu identische Stellen fallen, wobei der Abstand der dem nämlichen Objectpunkt entsprechenden Bilder auf der Doppelnetzhaut in horizontaler Erstreckung beträchtlicher, als in verticaler, demnach die thatsächlich schwache Empfindlichkeit für Doppelbilder in ersterer Richtung geringer ist, als in letzterer. — Wenn man im objectiven Sinne von Doppelbildern spricht, sofern wirklich zwei verschiedenartige Reizungszustände auf den Netzhäuten vorliegen, sei es ob getrennte Wahrnehmungen zu Stande kommen, oder nur in ihrer Verschiedenartigkeit dunkle Eindrücke, bedarf es zur Erklärung der körperlichen doppeläugigen Wahrnehmungen bloss der Annahme, dass der Effect, den die Reizung benachbarter Stellen der Doppelnetzhaut ausübt, stets von der gegenseitigen Lage dieser Punkte abhängt, auch wenn sie einander so nah liegen, dass eine einfache Wahrnehmung resultirt. — Bei der regelmässigen Entwerfung der Bilder gleichzeitig sichtbarer Gegenstände auf wenig differirenden correspondenten Netzhautstellen, und dem dadurch hervorgerufenen fortgesetzten gleichzeitigen Gebrauch beider Organe darf das eigenthümliche Verhalten der betreffenden Stellen als erworben betrachtet werden. —

Ausser der Vorstellung der Tiefe oder der Körperlichkeit begünstigt das Binocularsehen gegenüber dem monocularen auch Deutlichkeit und Helligkeit der Anschauungen in einem Verhältniss, für welches Valerius (Bull. de l'acad. de Bruxelles 34) ein Mass aufzufinden bestrebt war. Mittels des Foucault'schen Photometers, welches eine empfindlichere Modification der Rumford'schen Schattenmethode ist, und zweier gleichartiger Lichtquellen werden zuvörderst beide Augen einzeln auf die Intensität ihrer Empfindung geprüft, die sich oft verschiedenartig an ihnen erweist, so dass die eine Flamme ein wenig verschoben werden muss, bis beide Organe einen gleichmässigen Eindruck der Beleuchtungsfläche erhalten, auf der die von den zwei Flammen entworfenen Schatten eines Zwischenkörpers erscheinen. Vor jener wird eine innen geschwärzte parallelepipedische Holzröhre aufgestellt, in welcher ein senkrechter Schirm eine Hälfte der durchscheinenden Scheibe für das eine Auge

des Beobachters verdeckt. Diese monocular betrachtete Halbscheibe erscheint nun bei objectiv gleicher Beleuchtung weniger hell, als die binocular gesehene, und wenn zur Herstellung gleicher Helligkeit die, erstere Abtheilung beleuchtende, Flamme vom anfänglichen Abstand in einen kleineren gerückt werden muss, so stehen die der Vergleichungsscheibe zu gut kommenden Beleuchtungsstärken i und J in verkehrtem Verhältniss zu den Quadraten der betreffenden Entfernungen und wird, da erstere binocular und letztere monocular gesehene Helligkeit von gleichem Werth zu sein scheint, ihr wirkliches Verhältniss im Ausdruck $\frac{D^2}{d^2}$ gegeben, dessen Grösse für die relativ schwachen künstlichen Lichtquellen nicht über 1.15 hinausgeht, während Docq (Mem. de l'acad. de Belgique, 1867—70) das analoge Verhältniss der Gehörorgane zu 2.7 gefunden hatte. (Es dürfte nicht zu vergessen sein, dass abgesehen von den musikalischen Tonintervallen alle akustisch-physiologischen Messungen einen hohen Grad von Unsicherheit besitzen, und keinesfalls mit, wenn schon nach ähnlicher Methode gefundenen, optischen Resultaten in einen Vergleich gebracht werden dürfen, welcher einen Schluss auf die specifische Empfindlichkeit oder Leistungsfähigkeit der Sinneswerkzeuge gestattete. Nach allerdings, wie es scheint, viel einfacheren Beobachtungen über Schalleindrücke mit Gebrauch zweier Ohren oder nur Eines fand ich ein weit kleineres Werthverhältniss, nämlich im Mittel 1.5). Der absolute Werth der Beleuchtung hat nach Valerius wenig oder gar keinen Einfluss auf das Verhältniss der bin- und monocularen Helligkeit des nämlichen Anschauungsobjectes. —

Dove verfolgt das verschiedene Verhalten monocularer und binocularer Erregung auf das pseudoskopische Feld. Das reelle Bild, welches ein Hohlspiegel unter Umkehrung eines ausserhalb seiner Brennweite stehenden Gegenstandes entwirft, soll an seinem wirklichen Ort vor dem Spiegel nur bei Betrachtung mit beiden Augen erscheinen, bei Schliessung des einen aber an die Spiegelfläche zurücktreten, also wegen scheinbarer Abstandsvermehrung ohne Aenderung des Gesichtswinkel eine Vergrösserung erfahren, welche bei ringförmigen Objecten zu einer pseudoskopischen Umstülpung der aus Gegenstand und Bild zusammengesetzten Anschauung führt. Mir kommt es vor, als ob im letzteren Fall das Bild nicht sowohl in die Spiegelfläche, als hinter dieselbe nach Art der gewöhnlichen Erscheinung an ebenen Spiegeln falle.

An diese Erfahrung knüpft Dove eine Vergleichung der monocularen und binocularen Pseudoskopie, deren letzterer eine grössere Verwirklichung der Täuschung zugeschrieben wird, während die erstere häufiger ist, weil die Abschätzung der wahren Entfernung als gewöhnlicher Anlass scheinbarer Modificationen von Gestalt und

Grösse für Ein Auge unsicher zu sein pflegt. Hiebei wird hinsichtlich der Grösse ebenso oft ein kleiner naher Gegenstand für einen fernen grossen angenommen, als umgekehrt; bezüglich der Gestaltänderung aber kann man unterscheiden Verzerrungen richtig gezeichneter Objecte und Wahrnehmungen richtiger aus veränderten Darstellungen derselben, zu welch letzteren Phänomenen die körperliche Projection perspectivischer Aufnahmen gehört. — In der Binocular-Pseudoskopie treten wegen der grösseren Bestimmtheit des Urtheils die plastischen Erscheinungen aufs Deutlichste hervor, „wenn die Darstellung der Körper auf einer Fläche sich an wirkliche körperliche Gegenstände anschliesst“, ausserdem nur, „wenn wir im Dunkel jede Vergleichung des in der Fläche dargestellten mit wirklichen Körpern verlieren.“ — Weiters ruft „eine sich an derselben Stelle ändernde Darstellung (chromatropische Kreisentwicklung) in uns die Vorstellung der Bewegung eines unveränderlich gedachten“ hervor, und „eine Veränderung der Grösse tritt ein, wenn wir mit grosser Geschwindigkeit uns bewegend zuerst mit uns bewegte, dann ruhende Gegenstände betrachten, oder zuerst bewegte und dann gegen uns in relativer Ruhe befindliche.“ —

§. 514. (Zu §. 187.) — Die frühest bekannte etwas genauere ophthalmometrische Untersuchung des Augapfels an Leichen stammt von Petit 1728; Young mass sein eigenes Auge; sonst werden erwähnt Mauchart (1743), Winslow, Chossat, welcher auf die Verschiedenheit der Hornhautkrümmungen aufmerksam machte, Krause, der die Krümmungen der Augenflächen für Curven höherer Ordnung erklärt, deren Interpretation Brücke wegen Nichtberücksichtigung des normalen Druckes in ihrer allgemeinen Richtigkeit bezweifelt, Kohlrausch, welcher die Messungen 1840 in hohem Grade präcisirte, Coccius (Ophthalmometrie und Spannungsmessung am kranken Auge, Leipzig 1872), der am Helmholtz'schen Instrument statt der Platten den Lichtapparat beweglich machte und jene durch doppelbrechende Krystalle ersetzte. Es scheint keine allgemein constante Normalgrösse des intraocularen Druckes zu geben, weil die Circulation des Blutes so grossen Variationen unterliegt und hiebei die Periodicität der Athmung sich so einflussreich erweist, dass eine Ophthalmoskopie des Pulses mit Spirometrie verbunden werden sollte. Modificationen des äusseren Druckes mittels des angelegten Finger führen zu einer vom Augenspiegel optisch controllirten Tonometrie des bulbus, deren Resultate wie andre Besonderheiten der Augenheilkunde überlassen werden. Beispielsweise sei als hiehergehörig erwähnt ein hoher Spannungsbefund bei Glaukom ohne Abflachung der Hornhaut, und eine zuweilen constatirte

Vergrösserung des Cornealradius am erweichten atrophirenden bulbus. — Pflüger drückt die Spannungswerthe am gesunden lebenden Auge in Graden aus, welche mit Millimeterhöhen äquilibrirter Quecksilbersäulen correspondiren; der durchschnittliche Normaltonus von 24.5° entspricht 50 mm. Quecksilberdruck; unter 25 Jahren pflegt derselbe 23° = 46.9 mm., zwischen 25 und 45 Jahren: 25° = 51.02 mm., zwischen 45 und 65 Jahren: 25.5° = 52.04 mm., nach dem 65. Lebensjahr: 27° = 55.1 mm. zu sein. — In pathologischen Extremen geht der intraoculare Tonus herab bis 10° = 20.4 mm. und hinauf zu 36.5° = 74.5 mm. Quecksilber. — Atropin kann eine Herabsetzung des Intraoculardruckes um 1°, Iridectomie um 4—11° bewerkstelligen (rspc. 2.041, 8.16, 22.4 Hg.).

§. 515. (zu §. 191 etc.). — Die mikroskopische Technik ist ein so wichtiges und umfangreiches Gebiet, dass das Studium eines der vielen besondren Werke über dieses Thema unerlässig ist. Hier wollte nur die Grundlage derselben und von einigen Einzelfragen eine möglichst elementare Darstellung gegeben werden, in welchem Bestreben vielleicht zuweilen die Bedingungen und Verhältnisse zu sehr vereinfacht oder schematisirt worden sind. Dies gilt insbesondre von der bildlichen Erläuterung des Effectes der Immersionswirkung, von welcher die, allgemein gesprochen aus der Unterbleibung einer refractiven Divergenzvermehrung der bei gewöhnlicher Anordnung zwischen Deckgläschen und Objectivlinse in das (hier wegfallende) luftige Intermedium eintretenden Strahlen versuchte, Erläuterung einer relativ grösseren Lichtstärke nur Eine Seite behandelt, während eine erschöpfende Theorie derselben, welche alle, wie mich neuerdings fortgesetzte praktische Arbeiten lehren, bedeutenden und mehrseitigen Vortheile des Verfahrens erklärte, hiemit ebenso wenig ersetzt sein soll, als sie sonst meines Wissens bisher in den empirischen Resultaten vollkommen genügender Weise gegeben wurde. —

Die Polarisationsmikroskopie organischer Stoffe verfolgte unter Andren Valentin. In einer 1872 bekannt gewordenen Untersuchung der doppelbrechenden Eigenschaften des Hühnembryonalgewebes fand er bei der frühsten Anlage desselben keine Doppelbrechung, welche in einem späteren Stadium zuerst schwach auftrat, dann mit der Entwicklung zunehmend zu einem bleibenden optisch positiven oder negativen Charakter emporwuchs. Der Federkiel erwies sich am 12.—13. Bebrütungstag positiv im Verhältniss zur Längsachse, jede warzenartige Anlage der Federn eines 11tägigen Hühnerembryo dagegen negativ. Die Hornhaut ist frisch wie eingetrocknet negativ, die Krystalllinse, besonders von Fischen, ändert aber hiebei den positiven in den negativen Charakter um. Embryonale Muskel-

fasern, an denen schon vor der Querstreifung Verkürzungsvermögen nachweisbar sein soll, zeigen die von Brücke beschriebene Abwechselung einfach und doppelt brechender Substanzschichten nach Valentin bloss, wenn und wo Biegungen vorhanden sind; desgleichen nach vollständiger Ausbildung des Organes. Nervenmark kann für die Betrachtung in gewöhnlichem Lichte schon verschwunden sein, bei Einschaltung des Gipsblättchens in polarisirtem Lichte aber wieder erkenntlich werden; dasselbe erscheint negativen Charakters, weshalb in der Achsenebene bei paralleler Orientirung der Krystallplatte gelbe Färbung auftritt; da die Netzhautstäbchen erwachsener Frösche bezüglich der Längsachse ein von der blauen Farbe angedeutetes positives Verhalten zeigen, bezweifelt Valentin, dass dieselben wirkliche Fortsätze der retinalen Nervenfasern seien. Da indess die optischen Polarisationseigenschaften der Stoffe nicht sowohl in ihrem specifisch-organischen Wesen, als vielmehr in gleicher Weise anatomisch wie functionell sehr verschiedentlich qualificirten Körpern zukommend, in gewissen molekularen Anordnungen begründet zu sein scheinen, welche unbeschadet der fundamentalen Charakteristik nach Begrenzungsform und innerlicher Gliederung der Massentheilchen innerhalb ziemlich weiter Grenzen schwanken dürfen, könnte die eigenthümliche Gestalt und Stellung der Stäbchen eine optische Modification bedingen, ohne dass in ihr eine Aufgabe der nervösen Natur angedeutet zu sein brauchte. Diejenigen Molekularveränderungen, welche mit der galvanischen Reizung verbunden sind, sollen am embryonalen Nerven keinen Farbenwechsel des polarisirten Lichtes hervorgerufen haben. — Bei der Rückbildung der Gewebe im Schwanz der Froschlarve bewahrten Bindesubstanz, Knorpel, Muskeln und Nerven den ursprünglichen Charakter der Doppelbrechung.

§. 516. (zu §. 220). — Die Berechnung der organischen Wärmebildung durch J. Ranke ergibt, dass zwischen einem maximum bei Stickstoffhaltiger und einem minimum bei Stickstoffloser Kost schwankend durchschnittlich während des Tages von einem gesunden Menschen 2200 grosse Wärmeeinheiten verausgabt werden, durch welche die Temperatur von 22 litre Wasser vom Gefrier- zum Siedepunkt gebracht werden kann.

§. 517. (zu §. 226 u. 227). — Aus einer Reihe neuerer Untersuchungen, welche sich vornehmlich auf die febrilen Temperaturmodificationen beziehen, zu diesem Zweck aber nicht umhin können, absichtlich oder gelegentlich auch die normalen Wärmeverhältnisse des Organismus in Betracht zu ziehen, hebe ich Folgendes hervor. — Der nicht nur durch v. Liebig, sondern auch von

Heidenhain constatirte Temperaturüberschuss von 0.1—0.6° C. im rechten gegenüber dem linken Herzventrikel erachtet Geissler nicht durch die Athmung bedingt, denn die Lunge sei wärmer, als das arterielle Blut, sondern von der anatomischen Lage des Herzens, nach welcher die rechte Kammer vermittels des Zwerchfelles aus der Bauchhöhle Wärme zugeführt erhalte, die linke aber solche auf dem Wege directer Leitung an die Lunge abgebe. — Liebermeister findet in allen Wechselfieberstadien die Abscheidung der Kohlensäure proportional der Wärmeproduction, doch keineswegs von deren absoluter Intensität abhängig. Senator glaubt die Ursache der fieberhaften Temperaturerhöhung nicht in Steigerung des Stoffumsatzes begründet, weil die freiwerdenden Spannkräfte, für Eiweiss zu 4.263, für Fett zu 9.1 Wärmeeinheiten veranschlagt, auf der Fieberhöhe kleiner seien, als an gesunden Tagen. — In der thermotherapeutischen Beeinflussung der Fiebertemperatur hat Mayer eine traumatisch-febrile Temperatursteigerung von 39.5° C. durch viertelstündige dreimal täglich wiederholte Bäder von 18—22° C. vorübergehend auf die Norm erniedrigt. Morphiuminjectionen im Froststadium eines erysipelatösen Fiebers minderten die Temperatur von 40 auf 37.8° C., erwiesen sich aber in septischen Fiebern nutzlos oder bloss von symptomatischer Wirkung. Dagegen hat sich die systematische Verabreichung von Alkohol an Fiebernde manchen Beifall erworben. Während an Abenden ohne Weingeistgabe die Fiebertemperatur gleich blieb oder um 0.1—0.3° C. stieg, ging sie auf Genuss von 56—100 cub.cm. absoluten Alkohols oder 200 cub.cm. Cognac mit 400 cub.cm. Wasser um 0.3—0.5° C. zurück. Von den sonst herkömmlichen spirituosen Getränken müssten zur Erzielung einer ergiebigen Wärmeherabsetzung Quantitäten genossen werden, welche voraussichtlich durch ihre anderweitigen Eigenschaften einem kranken Organismus bedenklich werden könnten, denn in 1 litre Wein dürfte man höchstens 80 cub.cm., in 1 litre Bier 40—50 cub.cm. (?) Alkohol annehmen. — Kemperdik mässigte die erhöhte Körperwärme in typhösen Fiebern mittels einer in den Mastdarm gelegten Kühlsonde anfangs um 1.8, später um 3° C. — Gegen die von Thompson besonders hoch gefundene Temperatur in Rheumatismus erklärt Fox die direct applicirte Kälte als geradezu lebensrettend. — Anderseits bewirkt Robertson in Erkältungszuständen durch Wärmkissen mit einer von in Röhren fliessendem Wasser dauernd erhaltenen Temperatur von 45—65° C. binnen einer halben Stunde allgemeinen Schweiss. —

Ein uraltes thermotherapeutisches Mittel zur Steigerung der Eigenwärme oder Ausgleichung von Störungen, welche mit mehr oder weniger Recht auf Alterationen derselben und deren Consequenzen bezogen werden, liegt in den heissen Sandbädern vor. Von Hippokrates ist zwar ungewiss, ob er sie wirklich und syste-

matisch in Anwendung brachte, die austrocknende Wirkung des Sandes scheint er indess gekannt und geschäzt zu haben. Erasistratus brauchte erwärmten Sand, und Plinius, Celsus, Dioscorides sprechen ausdrücklich von den heilsamen Einflüssen der Sandbäder auf Hydropische. Oribasius gibt die erste ausführliche Beschreibung der bis auf Herodot zurückgeführten Sandbäder, und erklärt sie allen chronisch Kranken zuträglich mit Ausnahme von Kindern und Solchen, welche mit Fieber, schlechter Ernährung und bösartigen Neubildungen behaftet sind. Hydropische sollen, bevor sie sich in den heissen Sand vergraben 5—6 Becher warmen Wassers trinken, dann nach Bedürfniss die Temperatur des Bades steigern, danach sich abwaschen und die Haut mit Oel einreiben. 14—21 Bäder von ziemlich langer Dauer genügten oft zur Hervorrufung einer wunderbaren Wirkung, welche man auch bei Gicht, Rheumatismus und Ischias erwarten dürfe (Galen, Suetonius). —

Von andren balneologischen Einwirkungen scheinen die römischen Luftbäder von besondrer Energie gewesen zu sein, indem ihnen eine Temperatur von 65—70° C. zugeschrieben wird, während die russischen Dampfbäder bloss bis 50—54° C. gehen.

Heymans und Krebs sind der Vermuthung, dass die Wirkungen von Thermen mit den elektrischen Eigenschaften des heissen Wassers in Zusammenhang stehen und prüften unter dieser Voraussetzung das Wiesbadener; am Aachener fanden Schuster und Deselabissac, dass bei geringer Wärmesteigerung die elektrische Ladung wächst, aber nur bei Schwefelgehalt der Flüssigkeit sich erhalte, vielleicht wegen des bei Lufteinwirkung entbundenen Schwefelwasserstoff, während an gewöhnlichem Wasser nach vorgenommener Erhitzung die (rein thermoelektrisch erklärbare) Ablenkung der Multiplicatornadel schnell wieder verschwinde. Die Kaiserquelle ist die stärkstelektrische mit dem relativen Mass: 22, das Schwertbad am schwächsten (1); dazwischen liegen Corneliusquelle: 9—15 und Victoriaquelle: 3. —

Bezüglich sonstiger pathologischer Zustände untersucht Bourneville die Thermometrie der Nervenkrankheiten. Bei plötzlich eintretenden Hirnhämorrhagien folgt auf anfängliches Sinken der Wärme späteres Steigen. In Hemiplegie mit kleinen apoplektischen Herden hält sich die Temperatur oft lang bei 37.5° C. Sie steigt bei raschem Fortschritt trophischer Störungen bis zu einem maximum in Todesnähe. Bei Hirnerweichung fehlt das initiale Sinken; danach kommen irreguläre Schwankungen der Temperatur, auslaufend in langsames Steigen zu 39—40° C., woran sich eine geringere Terminaltemperatur schliesst. Die postmortale Wärme des Körpers fällt in Gehirnerweichung schneller ab, als nach Hämorrhagien. In der

Eklampsie steigt die Eigenwärme namhaft und fällt nur dann wieder ab, wenn ein günstiger Ausgang bevorsteht. Urämische Zustände sind mit stetem beträchtlichem Sinken der Körpertemperatur verbunden. — Nach Hirnverletzungen constatirte Schreiber Steigerung der Eigenwärme. — Redard beobachtete nach im Krieg vorgekommenen Verwundungen eine tiefe Temperaturerniedrigung bis auf 35.5° C., welche, wenn sie über mehrere Stunden sich erstreckt, eine höchst ungünstige Prognose gibt. —

Fehling, die Temperaturen Neugeborner feststellend, findet als Durchschnittwerth im After der Knaben 38.32, der Mädchen 37.99° C. Frühreife Kinder besitzen in der Regel eine zu tiefe Eigenwärme. Eine solche von 39—41° C. deutet auf fieberhafte Zustände, deren Andauer fast ausnahmslos zum Tode führt. Die Mutterwärme äussert auf die kindliche geringen Einfluss; ja der Uterus wird sogar zuweilen relativ kühler gefunden. Cohnstein beobachtete an diesem in schwangerem Stande stets erhöhte Temperatur, welche beim Absterben der Frucht als sicheres Zeichen dieses Vorganges merklich sinkt, demnach wohl zum Theil in der Höhe wie in der Abminderung von deren Rückwirkung herrührt. —

§. 518. (zu §. 265). — Im Jubelband der Poggendorff'schen Annalen beschreibt du Bois Reymond einige elektrophysiologische Vorrichtungen und Versuche, auf welche zwar ihres vorwiegend instrumental-technischen und medicinischen Interesses wegen hier nicht näher eingegangen werden soll, die aber schon deshalb nicht ganz unberührt bleiben dürfen, weil sie uns in erfreulichster Weise zeigen, dass der bewährte Forscher auch jetzt noch seine Bahn brechende Thätigkeit dem wichtigen von ihm erst eigentlich geschaffenen Thema zuwendet. — Zur raschen sicheren, das Auge von anderweitiger Beobachtung nicht abziehenden Schliessung des elektrischen Stromes empfiehlt er den Quecksilberschlüssel, welcher durch Drehung eines Winkelhebel eine mit dem einen Pol verbundene Metallspitze in ein dem andren leitend verknüpftes Quecksilbernäpfchen senkt, und vor dem nach Analogie des Morse'schen Telegraphenfederschlüssel construirten Vorreiberschlüssel die an letzterem einigermassen gefährdete Constanz des Widerstandes voraushat. — Durch Verkuppelung zweier Pohl'scher Stromwender wurde zum Zweck der Vertauschung zweier Stromstrecken eine Doppelwippe eingerichtet, welche besonders diensam ist, den von Pflüger nachgewiesenen Einfluss des Kat- und An-Elektrotonus auf die Erregbarkeit der Nerven zu demonstriren, wofür im Allgemeinen der die ersten Zuckungen auslösende Abstand der Primär- und Secundär-Rolle des Schlittenapparates massgebend ist. „Nachdem man An- und Kat-Elektrotonus in der centropolaren Strecke ge-

zeigt hat, soll dasselbe in der myopolaren Strecke geschehen, d. h. die vorher elektrotonisirte Strecke ist in den Kreis der tetanisirenden Nebenrolle, die vorher tetanisirte Strecke in den der elektrotonisirenden Kette, zwischen die Endklemmen des Rheochords, aufzunehmen", wobei eben jede etwaige Verschiebung der Theile und jeglicher Irrthum durch den automatisch arbeitenden Mechanismus ausgeschlossen ist. — Die vom Studentenwitz sehr treffend: Froschpistole getaufte Vorrichtung, um die Hemmung des im Nerven sich fortpflanzenden Reizes durch Zerstören des organischen Gefüges zu zeigen, kann ich hier bloss dem Namen nach unter Verweisung auf Fig. 2. S. 595 des erwähnten Buches andeuten, und das in vierter Linie beschriebene Federmyographion, das eine, der zu gleichem Zweck verwandten Fall- oder Pendel-Bewegung principiell allerdings nachstehende, doch willkürlicher regulirbare Federkraft die Beschleunigung einer Masse in beliebiger Richtung ausführen lässt, verdient zwar wegen seiner unläugbaren Vorzüge der Einfachheit, räumlichen Beschränkung, Wohlfeilheit und steter Schlagfähigkeit alle Beachtung, erscheint aber für den Rahmen unsrer Darstellung zu speciellen Charakters.

§. 519. (zu §. 265. etc.). Budge beschrieb elektrophysiologische Erscheinungen, welche unter folgender Gestalt auftreten. Wird statt eines Muskels mit parallelen Fasern ein nach Art des gastrocnemius gebauter genommen, wozu sich vom Frosch auch musc. peroneus und tibialis anticus eignen, so erhält man die gewöhnlichen muskularelektrischen Phänomene bei Prüfung der nach der Zehe hin gelegenen Hälfte (Achillessehne), nicht aber am oberen Ende, wo der Ausschlag, der einen Strom vom Längs- zum Querschnitt anzeigt, höchst schwach, ja sogar in umgekehrtem Sinne ausfällt. Diese Verschiedenartigkeit soll darauf beruhen, dass zum normalen Strom ein zweiter kommt, vom Fuss- zum Kopfende verlaufend, demnach den Strom in der untren Hälfte des Präparates stärkend, denjenigen in der oberen schwächend. Du Bois Reymond dagegen hält auch diesem Strome gegenüber, welcher an beliebigen Muskeln durch Anlage eines das natürliche Schema des gastrocnemius nachahmenden schrägen Querschnittes zur Erscheinung gebracht werden kann, die allgemeinen Regeln der Muskelelektricität aufrecht, indem zur Erzeugung des sogenannten Neigungsstromes bloss die Combination des gewöhnlichen mit einem von den spitzen zu den stumpfen Ecken des vom Schnitt hergestellten Muskelrhombus laufenden nothwendig ist. Unter der Vorstellung, dass jede Muskelfaser in cylindrischer Form aus Molekülen zusammengesetzt ist, welche an der Grundfläche negative, am Mantel positive Elektricität besitzen, umgeben von einer indifferenten leitenden Flüssigkeit lässt sich in dieser ein Strom vom

Mantel zur Basis verfolgen, der mit einem andren ähnlich situirten sich da aufhebt, wo zwei Flächen gleichnamiger Elektricität zusammenstossen, wonach die negative Ladung nur am Querschnitt sich offenbart. Ist dieser als natürlicher vom Sehnenende dargestellt, so fehlt jene häufig, weshalb die parelektronomische Schicht angenommen wurde, deren ursprünglich unmessbare Dünne später mit tieferer Erstreckung derselben in den Muskel hinein vertauscht wurde. —

Einen radicalen Gegner hat die elektrische Muskellehre in Hermann gefunden, welcher aus seinen Untersuchungen schliesst, dass die den ruhenden Muskeln gänzlich unversehrter Thiere vollkommen fehlenden Ströme erst bei der Präparation der Frösche entstünden, indem schädliche Einflüsse, vornehmlich spurweises Zutreten ätzenden Hautsecretes, oberflächliche Veränderungen hervorriefen, an welche auch Becquerel zu denken scheint, wenn er als organische Stromquelle die theils capillare, theils chemische Wechselwirkung der Formelemente mit den durchtränkenden, lösenden, oder irgendwie anregenden Flüssigkeiten, deren wenigstens zwei verschiedene durch eine cellulare Membran getrennt sind, anspricht, nur dass dies normal im Leben, jenes erst nach dem Tode geschähe.

Solchen Ausstellungen gegenüber ist nicht aus den Augen zu verlieren, dass gerade durch die musterhafte Vorsicht und Sorgfalt in der Herstellung der elektrischen Prüfungsobjecte und in der Fernhaltung aller störenden Nebeneinflüsse die du Bois Reymond'schen Forschungen eine solch tief überzeugende Kraft besitzen, dass nur noch die klare Deutung und Auffassung des Sachverhaltes und der sichere Gang der Schlussfolgerungen dazu kommen musste, um ein wissenschaftliches System zu gründen, welches durch Zweifel um so weniger erschüttert wird, als den experimentellen Anlässen und Bedingungen der letzteren die Möglichkeit secundärer Täuschungs- und Fehler-Quellen mindestens im gleichen Grade anklebt, als den beanstandeten Versuchen, die Wahrscheinlichkeit davon aber in höherem Masse, weil die oben erwähnten technischen und methodischen Vorzüge dieser jene kaum in ebenbürtiger Weise zieren.

So oft du Bois Reymond selbst sich entschloss, für seine Lehre einzutreten, fand sie zugleich immer eine neue Begründung und Erweiterung. — Gegen die Forschungsergebnisse Budge's namentlich und Valentin's, welcher die Ansichten des Vorigen bestätigt und auf andre Muskeln erweitert haben wollte, verfährt der Autor der Muskel- und Nerven-Elektricität höchst energisch. — Allerdings ist der musc. gastrocnemius als Elektromotor im Grossen und Ganzen nicht von gleicher Bedeutung mit den regelmässig gefaserten, nach peripolarem Schema gebauten Muskeln, sondern von dipolarer Molekular-Architektonik, so dass der gewöhnliche elektromotorische

Aequator vom Umfang der sehnigen Scheidewand ersetzt wird und die elektrischen Spannungen an der Oberfläche völlig verschoben erscheinen. In dessen Folge erscheint der Strom meist aufsteigend, wie wenn der elektrische Gegensatz zwischen Längs- und Querschnitt durch eine parelektronomische Schicht aufgehoben wäre; allein er bleibt auch nach Zerstörung der letzteren, und die Stromrichtung wird regulär, wenn die Ableitung am Längsschnitt höher als am Querschnitt geschieht, jegliche Unregelmässigkeit aber verständlich unter Annahme eines aufsteigenden Stromes, der algebraisch dem vom Muskelstromgesetz geforderten beigefügt wird. Dass überhaupt nichts Eigenthümliches am gastrocnemius vorliegt, zeigt die Gewinnung analoger Resultate, wenn ein normal gefaserter Muskel nach Art des erwähnten zugeschnitten wird, worauf die Negativität des künstlich erzielten Querschnittes mit dessen Winkel zur Faserrichtung abnimmt; erst nachdem dieser 45° überschritten hat, erreicht der den „Neigungsströmen" zu Grund liegende Spannungsunterschied ähnlich gelegener Punkte des schrägen Querschnittes ein maximum. Es gelang auch, die Rolle der Neigungsströme am Muskelrhombus in den modificirten Erscheinungen des gastrocnemius am passend abgeänderten Zinkkupfermodell nachzuweisen, wenn schon die gegenüber den Organen bestehenden grossen Leitungsunterschiede in der Vergleichung der Resultate besondre Vorsicht auferlegen. Unbeschadet derselben geht aus Allem hervor, dass der aufsteigende Strom zwischen Kopf und Achillessehne des gastrocnemius, der älteste bekannte Muskelstrom, durch welchen Galvani's Zuckung ohne Metalle hervorgerufen wurde, ein Neigungsstrom ist vom neutralen Längsschnitt zur negativen spitzen Ecke des unvollkommenen natürlichen Muskelrhombus, den der gastrocnemius wegen der Paralektronomie der Scheidewand darstellt; die Neigungsströme selbst aber sind theoretisch ableitbar vom fundamentalen elektrischen Gegensatz zwischen Längs- und Querschnitt, indem die geringere Negativität der schrägen Querschnitte hauptsächlich von der Einmischung blossgelegter Längsfasern herrühren mag, welche ihrer internen Lage im Organ insofern eine höhere Wirkungsfähigkeit verdanken, als zwar vermuthlich während des Lebens die oberflächlichen und tiefen thierischen Gebilde mit gleichem elektrischem Vermögen ausgestattet sind, aber dasselbe von jenen nach dem Tode kaum ungeschwächt beibehalten bleibt. — Die regelmässig gefaserten Muskeln des Froschoberschenkels bieten so wenig wie der gastrocnemius eine sichere Spur eines nach der Richtung der Achse darin vertheilten elektrischen Gegensatzes, so dass Matteucci's und Budge's sogenanntem Eigenstrom jede Existenz abgesprochen werden muss. Selbst wenn man bei der hochgradigen inneren Polarisirbarkeit des lebenden Muskelgewebes zugeben wollte, dass sie von ihren eigenen wie den Strömen benach-

barter Organe durchflossen, eine vom Muskelstromgesetz unabhängige elektromotorische Wirksamkeit der Länge nach entfalten könnten, kämen etwaige, nicht vom elektrischen Gegensatz der Längs- und Querschnitte erzeugte, auf- und absteigende Ströme neben dem ächten Muskelstrom an Stärke nicht in Betracht, weil dessen Entstehung an unzählige Punkte einer langgestreckten Atomreihe gebunden ist, als welche man sich den Complex der peripolaren Gruppen vorstellen muss, an deren benachbarten künstlich trennbaren Enden elektromotorische Kräfte sitzen, welche die positive Elektricität der Achse des Moleküles parallel gegen die Mitte treiben. —

In einer Monographie von 1871 untersuchte du Bois Reymond den Einfluss körperlicher Nebenleitungen auf den Strom des Froschgastrocnemius. Während die verschiedenen Punkte des Achillesspiegel um so stärker im aufsteigenden Sinne elektrisch wirken, je tiefer sie liegen, weil die hier geringere Muskelmasse eine schlechtere Nebenschliessung abgibt, wird diese Differenz ausgeglichen, wenn man die Muskelmasse zur Cylinderform mittels Thonumhüllung ergänzt, welche freilich den Strom 4 mal, der lebende Muskel 2fach schlechter leitet, als 0.75 procentige Kochsalzlösung. Die an regelmässigen Muskeln nachweisbare Umkehr der elektromotorischen Kraft natürlicher Querschnitte durch Parelektronomie gelingt mittels der Polarisation des gastrocnemius nicht. Derselbe verweigert selbst dann oft das parelektronomische Phänomen, wenn die Frösche sehr tiefer Temperatur ausgesetzt wurden. —

Eine Bestimmung der elektromotorischen Muskel- und Nervenkraft wurde von Regnauld mittels Compensation der zu messenden Stromquelle durch thermoelektrische Elemente aus Wismut und Kupfer, deren einem Temperaturabstand von 0 bis 100° entsprechendes Vermögen $= {}^{1}/_{179}$ Daniel gesetzt ward, mit dem Erfolg ausgeführt, dass dem Froschgastrocnemius und Sartorius 4—5, einem querdurchschnittenen Froschoberschenkel (element Matteucci) 9—10, dem biceps brachii des Kaninchen 5—6, seinem gastrocnemius 6—7, dem soleus 10—11 Einheiten zugeschrieben werden. Zur Berechnung dient die Formel $y = \frac{l \cdot E}{L + W}$, worin y die gesuchte electromotorische Kraft des Organes, E die Kraft der Masskette, W den Widerstand der Hauptleitung, L denjenigen der Nebenschliessung, l den der Compensationsstrecke bedeutet. —

Die Kraft der elektromotorischen Molekel hält nun du Bois Reymond für mindestens doppelt so gross, als die direct messbare elektromotorische Kraft zwischen Aequator und Polen eines von zwei künstlichen Querschnitten abgegrenzten Muskel; 0.08 Daniel für den dicken Oberschenkelmuskel des Frosches, 0.05 für den

gracilis und semimembranosus, höchste Kraft des regelmässigen Kaninchenmuskels 0.049 [?]); dagegen ist theoretisch unwahrscheinlich, dass die Vereinigung mehrerer Muskeln die elektromotorische Kraft namhaft erhöht, denn selbst in der homogenen Masse des nämlichen Muskel beruht die grössere elektromotorische Kraft des dickeren nicht auf einer specifisch stärkeren Leistungsfähigkeit, sondern darauf, dass der Umfang des dickeren Muskel im Verhältniss zum Querschnitt kleiner ist, demnach der schwächende Einfluss der Luft eine Mässigung erfährt.

Zur Prüfung der elektromotorischen Nervenkraft verband Matteucci 8—11 Nerven säulenartig und will damit dem halben Oberschenkel des nämlichen Thieres elektrisches Gleichgewicht gehalten haben. — Cima (1859) setzt das elektrische Vermögen von 4—5 Nerven gleich der oberen Hälfte des gastrocnemius vom Frosche; vom selbem Thiere die Kraft des ischiadicus am dickeren Ende = 0.022, am dünnen 0.018, diejenige des Kaninchen-ischiadicus = 0.026. Für die grossentheils dunklen Modificationen der elektrischen Nervenkräfte im Elektrotonus ist charakteristisch, dass dieser keinen Zustand des Gleichgewichtes, sondern der steten Veränderung darstellt; der Katelektrotonus sinkt sofort asymptotisch, der Anelektrotonus erst, nachdem er vorher zu einem maximum stieg. — Zu den Pflueger'schen Bestimmungen, dass, wenn ein Reiz neben dem positiven Pole liegt, die von jenem hervorgebrachten Zuckungen beim Schluss der Kette vermindert, bei der Oeffnung verstärkt werden, umgekehrt, falls die Reizung in der Nähe des negativen Poles geschah, findet Budge, dass eine allerdings kurz vorübergehende Zuckungssteigerung beim Stromschluss auch möglich ist, wenn der positive Pol neben dem Reize liegt, vorausgesetzt, dass am n. ischiadicus der Reiz zwischen Wirbelsäule und constanter Kette wirkt, der Strom dieser aber absteigend fliesst. —

Die Mosaikfläche absondernder Drüsen ist der Sitz einer darauf senkrechten elektromotorischen Kraft, z. Beisp. an der Aussenhaut der Amphibien, besonders des Frosches, an dessen zu Röllchen gewickelten Hautstücken Budge ziemlich starke Ströme nachwies, welche im Multiplicatordraht vom Querschnitt zur äusseren Oberfläche gehen, an Magen- und Darmschleimhaut von Innen nach Aussen gerichtet sind. Die maximale elektromotorische Drüsenkraft wird zu 0.051, an der Frosch-Magenschleimhaut zu 0.012 angegeben. Uebrigens hängt die Bedeutung der elektrischen Eigenschaften der Drüsen, wie auch der Muskeln und Nerven nicht vom absoluten Werth der nachweislichen Spannung, sondern von deren relativem Abstand gegenüber der Ladung andrer Organe und von ihren functionellen Beziehungen ab. —

Die Versuche, aus chemischen Differenzen, dem verschiedenen

Gasgehalt arteriellen und venösen Blutes, auch wohl capillaren und diffusiven Vorgängen in den Geweben deren elektrische Zustände zu erklären, sind bis jetzt zu keinem glücklichen Erfolg gelangt. Sicher scheint indess, dass die elektromotorischen organischen Molekel nicht in dem Sinne kleinste Theilchen des Muskel oder Nerven sind, wie Ampère's magnetische Eisenpartikel, noch weniger aber abstracte monadische Wesen, sondern bestimmt orientirte Herde chemischer Thätigkeit, welche den Stoffwechsel des Organes bildet. Physikalisch-mathematisch genügen den Fasern parallele Reihen solcher Punkte mit darauf senkrechten elektromotorischen Flächen zum Verständniss der betreffenden Erscheinungen, zu deren Erhaltung keine Combination zulässig erscheint, welche nicht eine elektrische Kraft von wenigstens $2 \times 0.08 = 0.16$ Daniel zu liefern vermag; da hiezu Diaphragmenströme, an die bei Betrachtung des porösen von Flüssigkeiten unter mechanischem Druck und diosmotischen Anziehungen durchströmten Gewebe der Nerven und Muskeln am ehesten zu denken wäre, eine Pressung von 10 Atmosphären (?) erforderten, ist die Diffusion zur Erzeugung der thierischen Elektricität im Grossen und Ganzen, unbeschadet von Sondervorgängen, wohl unfähig. —

§. 520. (zu §. 269 etc.). — Engelmann in Utrecht studirte 1872 die elektrische Erregung der Ureteren, an denen die Contractionswelle ohne Mitwirkung von Ganglien und Nerven abläuft. Die Erregung findet nur am negativen Pol eines constanten Stromes statt, verbreitet sich von da jedoch sowohl auf- als absteigend. Die Gesammtdauer der Schliessungscontraction nimmt mit der Stromstärke zu, die Latenzperiode ab. Am positiven Pol ereignet sich bloss Oeffnungserregung. Auf der intrapolaren Strecke wird das elektrische Leitungsvermögen verändert, doch in unbestimmtem Sinne; die Erregbarkeit erweist sich während der Stromdurchleitung an der negativen Elektrode erhöht, indem hier die galvanisch gesetzte Veränderung als directe Reizungsursache wirkt, an der positiven, wo eine solche erst beim Verschwinden des Stromes auftritt, erniedrigt. Auf Schliessung des constanten Stromes trat in der Regel eine Reihe einfacher Zuckungen auf, bei absteigender Richtung desselben aber Tetanus, welcher selbst bei mässiger Stärke der Elektricität mächtig anwachsen kann, dagegen bei der Oeffnung des Stromes nur dann eintritt, wenn Vertrocknung des Nerven im Spiel ist. — Donders fand bei galvanischer Erregung des vagus nie eine dem Schliessungs- oder Oeffnungstetanus gleichnamige Wirkung, sondern normaler Weise eine einzige im Nerv zum Muskel laufende Reizwelle. — Die trotz ausserordentlich schneller Erregbarkeit der Nervensubstanz durch Elektricität doch vorhandene Trägheit ihrer Molekule geht schon aus

Brüke's Erfahrung hervor, dass sehr kurze Stromunterbrechungen nicht mehr von Zuckungen beantwortet werden, und dass bei schwächeren Strömen die Zuckung leichter ausbleibt, als bei stärkeren. Die Uebertragung der Erregung vom Nerven aus auf die Muskelsubstanz geschieht nicht continuirlich, sondern periodisch; von der letzteren besitzt die glatte ein doppelsinniges Leitungsvermögen, indem von der gereizten Stelle aus die Contraction des Darmes sowohl antiperi-, als peristaltisch geschieht.

In Rossbach's Untersuchung der rhythmischen Erscheinungen einfachster Organismen (Amöben) wurde 1873 gefunden, dass starke elektrische Ströme die zellenartigen Blasen der elementaren Körper lösen und verflüssigen, mittlere sie tetanisiren, schwache anfangs ihre Bewegungen beschleunigen, dann unter Quellungsphänomenen verlangsamen. —

§. 521. (zu §. 284 etc.). — Elektrotherapeutische Theorien und Methoden fanden in den letzten Jahren so vielfältige Bearbeitung, dass deren Bedeutung und Anwendungskreis in immer günstigerem Lichte erscheint, welches freilich bei der relativen Neuheit der Sache noch in manchen Regionen mit einem Irrwisch verwechselt zu werden Gefahr läuft. — In einer 1872 gegebenen Uebersicht der Resultate elektrischer Behandlung macht Richter folgende elf Abtheilungen: 1) Rückenmarkdarre, welche bei alleinigem Gebrauch heisser Quellen fast immer eine Verschlimmerung der motorischen Symptome, zumal im Coordinationsbereich erfährt, wird am besten durch Verbindung des galvanischen Verfahrens mit hydrotherapeutischer Behandlung bekämpft, wobei der Zinkpol successive die schmerzhaften Punkte am Rückgrat berühren soll; die meistens eintretende Linderung der krankhaften Gefühle ist wohl eher als aus directer katalytischer Einwirkung auf die primären Processe in der medulla selber von der durch den Strom beförderten Aufsaugung localer Exsudate herzuleiten. An einem elektrisch geprüften derartigen Kranken gab der aufsteigende Rückenmark-Nervenstrom Oeffnungszuckungen. 2) In hysterischen Lähmungen mit Herabsetzung der elektrischen Sensibilität wird die Galvanisirung der Nervencentra und die Faradisation peripherischer Leidensorte empfohlen. Ist in ersterer Linie das Gehirn gemeint, so dürfte nicht zu vergessen sein, dass dasselbe schwachen Strömen kaum zugänglich ist, unter starken aber nicht unbedenkliche Beeinträchtigungen seiner Functionen erleidet, worunter Hitzig Störungen der Muskelinnervation und Raumvorstellungen hervorhebt, deren Complex als Schwindel bekannt schon in Augustin's Geschichte der galvanischen Elektricität (1803) als cerebrale Folge intensiver Ströme erwähnt wird. Die Richtung der schwindelnden Bewegung soll bei Schliessung

des Stromes demselben gleichläufig, bei der Oeffnung entgegengesetzt sein, und der Kopf nach der Seite der sich entfernenden Elektrode hin wanken, bei höheren Reizungsgraden aber der ganze Körper mit Kettenschluss gegen die Anode, mit Oeffnung zur Kathode sich neigen. Alle Dichteschwankungen der durchs Hirn gehenden Stromschleifen erregen nach Grösse und Geschwindigkeit mehr oder weniger Schwindel, und zwar positive in der Form des Schlusses, negative in der der Oeffnung der Kette. Allerdings kommt es auch auf die individuelle Disposition zu Schwindel überhaupt an, welche in tabetischen Zuständen vermehrt erscheint, durch energische Athmung einigermassen zurückgedrängt werden kann, und in der Regel von keinen weiteren schlimmen Folgen für den Organismus begleitet ist. Die Dauer des elektrischen Schwindel erstreckt sich unter starken Strömen nicht nur über deren ganze Einwirkungszeit, sondern in Gestalt eines dumpfen Druckes darüber hinaus. Da bereits in den mittleren Graden der Schwindelerregung unwillkürliche Augenbewegungen eintreten, mit dem Strom anhaltend, doch allmälig abnehmend, konnte man daran denken, von diesen secundär den Schwindel herzuleiten, was indess nach der Erfahrung nicht angeht, dass die, alle optischen Eindrücke ausschliessenden Versuche an Blinden gleichfalls Schwindelbewegungen zur Folge haben. Während Aenderung der Richtung des constanten Stromes den Schwindel vermehrt, soll derselbe auffälliger Weise von den so vielfach variirenden Inductionsströmen nicht hervorgerufen werden, was doch wohl nur für sehr geringfügige oder kurze Einwirkungen dieser Art gilt. — 3) Spinale Lähmungen der Kinder, wobei die elektromusculare Contractilität leidet, werden mit constanten Strömen am Rückenmark, mit Rückenmarknerven- und Nervenmuskelströmen, sowie mit Faradisation der peripherisch ergriffenen Theile behandelt. 4) Aehnlich verhält es sich mit den Spinallähmungen Erwachsener. 5) In apoplektischen Lähmungen kann die elektrische Contractilität und Sensibilität der gelähmten Muskel verschiedentlich modificirt sein. Nach Benedict besteht bei local krankhaften Processen in den Grosshirnhemisphären die Reaction der Convulsibilität und Erschöpfbarkeit, bei Affectionen in Streifen- oder Sehhügel erhöhte oder normale Reaction, bei Sitz der Krankheit in Grosshirnschenkel, Brücke und verlängertem Mark verminderte Reaction der Musculatur. Tryde fand die elektrische Contractilität sowohl in centralen als peripherischen Lähmungen des n. facialis geschwächt, was in gleichem Gradverhältniss die Prognose verschlechtert. Ist nur die faradische Contractilität verändert, so kann die Lähmung in ein paar Monaten gehoben sein, später, falls auch die galvanische leidet, sehr spät oder gar nicht, wenn jene ganz, diese grossentheils geschwunden ist. Keinesfalls tritt in diesen Fällen die Genesung freiwillig ein, was bei normaler oder wenig alterirter

Contractilität wohl in Aussicht steht, sondern es bedarf des constanten Stromes, unterstützt in frischen Fällen von kurzen Faradisirungen. Bei anomaler Steigerung der galvanischen Contractilität soll der therapeutische Strom sehr schwach applicirt werden, indem sonst namentlich in den Unterbrechungsmomenten hartnäckige Contracturen zu besorgen sind. Zur Herstellung der Harmonie zwischen den einzelnen Nervenbahnen muss bisweilen der Leitungswiderstand in kranken Fasern erhöht werden, wozu starke Elektrotonisirung des Nerven von der unmittelbar applicirten Anode diensam ist, während die Kathode überhaupt am besten peripher angelegt wird. — Bei ausgebreiteteren Leiden sind galvanische Ströme durch den Kopf, sowie vom Rückenmark zu Nerven und Muskeln, ferner faradische Pinselungen der letzteren am Platz. — 6) Bei localem Muskelrheuma und rheumatischer Lähmung reizt der elektrische Strom die Gefässwände zu energischer Contraction, erwärmt die Muskeln, begünstigt also die Circulation und hiemit die Ausgleichung der Störungen. Die muskularen Fasern werden direct belebt, und vom mässigen constanten Strom von Schmerzen befreit, die Exsudate aber unter der resorbirenden Wirkung der Elektricität rascher aufgesaugt. In der Benützung des galvanischen Stromes als Resorptionsmittel setzt Seeger die befeuchtete positive Elektrode stabil auf den Nerven, und fährt mit der negativen als Metallpinsel längs der Haut über die inneren Entzündungsherde. Wo diese zu förmlichen Geschwülsten entwickelt sind, ist eine tiefe elektrische Wirkung nur bei Einsenkung des negativen Poles zu erwarten, während der positive 15—60 min. lang an die Haut der Umgebung gelegt wird. Hier findet eine unmittelbare Einwirkung auf die berührten Flüssigkeiten, selbst eine Verschorfung der Gewebe statt, zu deren Schonung Zancopulos vor Herausnahme der Elektrode Umkehr der Stromrichtung empfiehlt. Derselbe verlegt die katalytische Wirkung des Stromes in den directen Reiz der Zellen, die Aenderung des Blutlaufes, die Erregung der Nerven. — Der internen Elektrolyse vertraut auch Duncan's Galvanopunctur der Aneurismen, indem als positiver Pol eine Platin-, als negativer eine Stahl-Nadel in den Sack versenkt wird; der Strom soll schwach sein, aber von langdauernder Einwirkung. Jedenfalls erziele man auf diesem Wege bessere Erfolge, als mittels der Ligatur, durch die methodische Compression freilich in der Regel noch gediegenere. — Nur kurz erwähnt werden mag eine angeblich elektrochemische Abheilung von unter Zink hervorgerufenen epidermalen Bläscheneruptionen sauren Inhaltes durch den Contact der aufgelegten Kupferplatte, — und die ernsthafter gemeinte galvanokaustische Verschorfung der Haut an peripherischen Schmerzstellen der Ischias, wozu Frommhold den zur Fläche eines Quadratzolles ausgebreiteten positiven Pol an der incisura ischiadica, den nega-

tiven an den Ausstrahlungspunkten des Schmerzes anlegte. — Im Allgemeinen sei hiebei an Rockwell's Meinung erinnert, dass in allen wirklichen pathologischen Organveränderungen, auf welche die Elektricität in irgend welcher Form Einfluss gewinne, deren mechanisch erschütternde Erregung der Formbestandtheile die zersetzende oder umstimmende Wirkung mindestens einleite. — Bei bloss äusserlicher Application zieht Lefort schwache lang dauernde Ströme den starken kürzer einwirkenden vor, weil abgesehen von der grösseren Billigkeit der Herstellung und Unterhaltung die nutritiven Störungen in atrophirten, gelähmten, contrahirten, rheumatischen Muskeln von der ersteren Durchströmung viel günstiger und nachhaltiger beeinflusst werden. — 7) Auch in Gelenkentzündungen wirkt der Strom resorbirend und schmerzstillend, doch muss der Erfolg, wenn überhaupt ein günstiger in Aussicht steht, schon nach der ersten Sitzung merklich sein; stellen sich dagegen Röthung und Schwellung der angegriffenen Theile ein, so ist von weiterer Elektrisirung abzustehen. Ist das Leiden chronisch, so dürfen auch die umgebenden Muskeln faradisirt werden. 8) Neuralgien werden durch die elektrische Behandlung fast stets gebessert. Bestehen dafür centrale Ursachen, so ist der constante Strom auch möglichst central zu appliciren, und zwar mit dem positiven Pol an der Ursprungstelle des afficirten Nerven, was freilich anatomisch oft nur annäherungsweise ausführbar ist, dem negativen an den hauptsächlichen Ausstrahlungspunkten des Schmerzes. An peripherisch ergriffenen Stellen ist auch der Pinsel des Inductionstromes manchmal von vorzüglicher Wirkung. Die unsäglichen Schmerzen der Migräne, welche Holst für eine Erkrankung des Halsstranges vom n. sympathicus erklärt, stillte er, indem er die Anode einer Batterie von 10—20 Stoehrer'schen Elementen demselben applicirte, und zwar in Stabform längs des ganzen Innenrandes des m. sternocleidomastoideus, während die Kathode in die Hand gegeben ward. Zur Vermeidung von Schwindel liess man mittels des Runge'schen Rheostaten den Strom ganz allmälig ein- und ausschleichen. In Complicationsfällen von Gefässlähmung sind die Elektroden zu vertauschen. — Auch Chvostek besserte eine vasomotorische Neurose durch Galvanisirung des Halssympathicus, und Libbert erzielte gute Erfolge in Beruhigung der sympathischen Gangliencentren des Halsmarkes, indem er die Anode im Nacken, die Kathode im Salzwasserbad der Hand anlegte. — Gegen Neuralgie des Trigeminus soll man von einer 6—16gliederigen Daniel'schen Kette den Kupferpol hinter dem Ohre oder auf dem Nacken, den Zinkpol an der schmerzhaften Stelle anlegen; gegen Druck in der Kreuzgegend den absteigenden Strom von 20—25 Elementen durch die untere Hälfte des Rückenmarkes leiten. — 9) In Fällen des kleinen Veitstanzes fand man

erhöhte elektromusculare Contractilität, Oeffnungszuckungen bei absteigendem Strome, grosse Hautempfindlichkeit gegen elektrische Reize. Heilsam erweisen sich kurze Batterieschläge, Rückenmark-Nervenströme und der am Rückenmark aufsteigende constante Strom. 10) Zur Bekämpfung des Schreiberkrampfes dienen stabile und labile Ströme am oberen Theil der Rückenmarkes, ferner Nerven- und Muskel-Rückenmarkströme, endlich Faradisationen der paretischen Muskeln. 11) Fälle nervösen Zitterns fordern constante Ströme durch Rückenmark, Gross- und Kleinhirn, wie Rückenmarknervenströme. Bei tremor mercurialis und potatorum sah Chapot-Duvert guten Erfolg von elektrischen Bädern, indem Kupfer am Fuss-, Zink am Kopfende des im Wasser Liegenden angebracht wurde. — In Tetanus konnte sich Berger keines günstigen Erfolges mit der galvanischen Behandlung rühmen. – In Katalepsie einer 17jährigen Hysterischen leitete Holst den stabilen Strom von 30 Stoehrer'schen Plattenpaaren durch das Rückgrat, womit alle Muskeln erschlafften, die Athmung von 20 auf 40 Züge in der Minute stieg, und Röthung der Haut auftrat, welche unerwünschte Nebenwirkung wegfiel, wenn der negative Pol oberhalb des siebenten Halswirbel aufgesetzt ward. Später wurden Haut und Muskeln zur Hebung der Sensibilität faradisirt. —

Munk versuchte unter der Bezeichnung: kataphorische Stromwirkung die Einflössung von Flüssigkeiten in den unversehrten Organismus mittels Elektricität, indem von einer zehnelementigen Grove'schen Batterie Thonpfropfelektroden an den vorher mit Alkohol gewaschenen Unterarm gelegt wurden; Jodkalium und schwefelsaures Chinin sollen als auf diese Art eingeführt in der Harnreaction nachgewiesen worden sein. —

Driver verwendet in der galvanischen Behandlung der Augenleiden Zinkkupferbatterien mässiger Grösse und Stärke, deren Elektroden vornehmlich unter folgenden Modificationen angelegt werden: die Anode am Nacken, rechter Schläfe, Warzenfortsatz, die Kathode entsprechend beziehentlich an Stirnhöcker, linker Schläfe, Schläfengegend, oder für speciell localisirte Galvanisirung des Auges jene am Nacken, diese an den geschlossenen Lidern, endlich unter elektrischem Einbezug des Sympathicus: positiver Pol am Nacken, negativer an oberster Halsgegend. Wenn die Application nur 1 bis 2 min. währt, ist sie gefahr- und schmerzlos, doch dürfen, wenn der Kopf in den Strom eingeschaltet wird, höchstens 8 Elemente, wenn der Hals allein betroffen wird, 14 verwendet werden. Am wirksamsten ist die Elektrotherapie bei Affectionen der Augenmuskeln, sie erzielt aber auch in Sehnervatrophie überraschende Effecte, und soll den Schmerz bei herpes ophthalme. namhaft lindern.

Von elektrotherapeutischen Besonderheiten kann noch erwähnt werden: die Hebung hartnäckiger Verstopfung durch Application des negativen Poles im After, des positiven am Nabel; die Abtödtung von Muttermalen durch viertelstündige Einlegung der Polnadel von 4 Bunsen'schen Elementen, die Verwendung elektromagnetischer Apparate durch Riva und Sladre zur Kur von Frostbeulen, denen der negative Pol angelegt wird, während der positive in der Umgebung functionirt, Themistocl's Tödtung der Krätzmilben durch den elektrischen Funken, welche grossartige Wirkung nach 6 Sitzungen mit Anlage olivenförmiger Elektroden an die Milbengangöffnung als erzielt angesehen wird, weil die Hauthyperämie schwand und die Milbengänge vertrockneten.

§. 522. (zu §. 344.) Von neueren Instrumenten zur Wassermessung werden im XXVI. von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin erstatteten Bericht über die Fortschritte der Physik erwähnt: Chameroy's Wassermesser, dessen Princip darin besteht, dass ein mit Gewicht beschwertes Ventil in einem, dem horizontalen Einlaufcylinder aufgesetzten Trichter im Verhältniss zum steigenden Wasserdruck gehoben wird, woraus auf Geschwindigkeit und Menge des Ausflusses geschlossen werden kann. Eine mit dem Ventil emporgehende Rolle von wagrecht liegender Achse nähert sich nämlich hiemit dem Umfang einer gleichmässig umlaufenden Vertikalscheibe und wird von dieser in ihrer auf ein Zählwerk übertragenen Drehung beschleunigt. — An Wither's Wassermesser gelangt die Flüssigkeit durch eine Art Dampf-C-Schieber bald vor bald hinter den Kolben des horizontal liegenden Einlasscylinder. Indem der Schieber durch einen am Querriegel der Kolbenstange angebrachten Hebel, dessen beschwertes Ende während des grösseren Theiles vom Kolbengang durch einen Vorsprung aufgehalten erst kurz vor dem Schluss der Bewegung frei wird, schnell nach der einen oder andern Seite getrieben wird, vertauscht sich Einlass und Ausfluss des Wassers in einer Periodicität, welche ein Zählwerk so aufzeichnet, dass nach beliebiger Zeit die Anzahl der Kolbengänge und Cylinderfüllungen entnommen werden kann. — Greyveldinger's Apparat zur Messung der Flüssigkeiten besteht aus zwei festen und zwei beweglichen Cylindern, welche auf jenen als Schieber hin und hergleiten, indem der Druck des Wassers in alternirenden Richtungen auf eine sie in gleiche Theile zerlegende Querwand wirkt. In mir nicht hinreichend verständlich gewordener „sinnreicher" Art geschieht die Füllung des festen Messcylinder, während die Hubzahl des beweglichen von einem Uhrwerk markirt wird. — Boutelon's und Piau's Wassermesser lässt den Zufluss der Röhrenleitung auf eine von drei oder vier Schaufeln eines Rades fal-

len, welches seine Drehung nicht früher beginnt, als bis ein Liter Wasser in der Schaufelhöhlung sich angesammelt hat, weil erst unter dem Druck eines Kilogrammes ein peripherischer Vorsprung den Sperrhebel zur Seite schiebt. Um übermässige Wasseransammlung zu verhüten, sorgt ein mit einem Ventil verbundener Schwimmer für rechtzeitige Absperrung. —

§. 523. (zu §. 400.) In Popper's Schrift über die menschliche Kleidung wird deren Wichtigkeit für die organische Wärmeökonomie durch den Hinweis auf Helmholtz' Angabe begründet, dass 77.5 prc. aller Körperwärme durch die Hautabkühlung verloren geht. Von den herkömmlichen Gewandstoffen, deren von schlecht leitender ruhiger Luft erfüllte Hohl- und Zwischenräume einen Schutz gleich dickem Bukskin gewähren, lassen verhältnissmässig durch: Wolle 100 Wärmetheile, Schafleder 100.5, Baumwolle 101, Leinen 102, Seide 102.5. Vollkommene Dichte, sofern sie mit hochgradigem Mangel an Porosität einhergeht, ist keineswegs ein Vorschub warmhaltender Befähigung, vielmehr frieren Füsse und Hände in Gummituch und Glanzleder, weil Wasserverdunstung und Gasaustausch gehemmt sind. Aus anderem Grunde kältet unmittelbar dem Leibe anliegendes Leinen, weil es unter rascher Abgabe des aufgenommenen Wassers in halbfeuchtem Zustand seine Elasticität verliert und den Gliedern straff anliegt. Baumwolle ist wenig hygroskopisch aber sehr quellungsfähig. Wolle saugt leicht viele Feuchtigkeit an, gibt sie aber dann höchst langsam und gleichmässig wieder ab, wodurch einer Verkühlung der schwitzenden Haut am sichersten vorgebeugt wird. — Zum Schutz gegen die Sonnenstrahlen wählen wir dünne Leinwand oder Seide, welche in der That nur 5—6 Wärmetheile absorbiren, gegenüber 9 von dickem Hausleinen und 11 von Schafleder; doch kommt auch viel auf die Farbe an, indem unter gleichen Umständen weisser Shirting 100, hellgelber 102, dunkelgelber 140, hellgrüner 155, dunkelgrüner 158, türkischrother 165, hellblauer 198, schwarzer 208 Wärmestrahlen aufnimmt. — Nebenbei wird zum Schutz der Kleider gegen Entzündung deren Tränkung mit einer Mischung wolfram- und phosphorsauren Natrons, oder weniger gut wegen Gefahr der Fleckenbildung mit schwefelsaurem Ammoniak empfohlen. Das bei in Brand kommenden thierischen Fasern auftretende kohlensaure Ammoniak gestattet übrigens an sich in mässigen Fällen nur eine langsame Verkohlung der Gewebe. —

§. 524. (zu §. 409.) Die fortgesetzten neueren Bestrebungen, meteorologisch-medicinische Beziehungen nachzuweisen, erfreuen sich immer mehr des ihnen allein erspriesslichen exacten Charakters der Forschungsmethoden und der diesen entwachsenden vorsichtigen

Behauptungen, während solche wie Lawson's pandemische Wellen des Erdmagnetismus, mit dessen Intensität jene angeblichen localen Vermittler allgemeiner Erkrankungen steigen und fallen sollen, nur auf geringe Anerkennung rechnen dürfen. — Die auf wohlbegründeter Statistik der atmosphärilen Vorgänge und der Erkrankungen ruhende meteorische Aetiologie zieht vornehmlich zwei Reihen möglicher Einflüsse in Betracht, deren eine mehr die besonderen, selbst specifischen Verunreinigungen der Luft, die andere die allgemeinen Witterungserscheinungen in den Vordergrund stellt. In ersterer Hinsicht hält Lefort die chemischphysikalischen Veränderungen eines beschränkten Athmungsmediums für weniger nachtheilig, als die mechanische Beimengung feiner Theilchen von Steinen, Metallen, Farbenstaub, Wollenfasern, welche allerdings wenigstens in geschlossenen Arbeitsräumen die Hauptschuld respiratorischer Reizungszustände tragen mögen, im Freien aber doch gegen die allgemeineren Ingredienzien einer schlechten Luft zurücktreten. Dass darunter den Emanationen der Friedhöfe vorübergehend eine übertriebene Bedeutung beigelegt wurde, ist schon im Text hervorgehoben und findet in allen darauf bezüglichen Untersuchungen erneute Bestätigung. Dagegen wird mehr Gewicht auf die Infection des Grundwassers gelegt und meint Lefort, dass in gleichem oder tieferem Niveau gelegene Brunnen noch in einem Abstand von 50 Metern von den Gräbern durch deren Producte der Zersetzung verdorben werden könnten, so dass eine gute Drainage der mindestens 100 m. von menschlichen Wohnungen entfernt anzulegenden Leichenäcker rathsam sei. — Schuler findet öfter als den ächten Verwesungsdunst den „Modergeruch der Armuth" dem Leben und der Gesundheit der Insassen dumpfer Gemächer oder Keller gefährlich, worin fettsaure Gährungen von Schweiss und Schmutzanhängseln der Haut und Kleider, Ausdünstungen grober Speisen vor wie nach dem Genuss, krankhafte Absonderungen, Rauch und Feuchtigkeit eine verpestete Atmosphäre herstellen, deren Einathmung nicht bloss den ständigen Bewohnern, sondern auch flüchtigen Besuchern, ja mittels adhäsiver Verbringung nach Auswärts unter mitwirkenden ungünstigen Verhältnissen selbst Fernstehenden Krankheitskeime einimpfen kann. —

Im Uebergang zur oder unter gleichzeitiger Berücksichtigung ächt meteorologischer Momente bewegt sich die Theorie der Miasmen, insbesondere der Malaria. — Wenzel sieht in Verfolgung der während der Hafenbauten im Jahdegebiet 1858—69 auftretenden Marschfieber die Temperatur als den wesentlichsten Factor der Malariagenese bei sonst gegebenen günstigen Substraten an, wobei die meteorologischen Aufzeichnungen von dem 3 Meilen landeinwärts liegenden Jever zur Vergleichung dienten. Die epidemische Kurve be-

sitzt eine Frühlings- und eine Sommererhebung, von denen die zweite in der Regel beträchtlicher ist, während im Winter der tiefste Stand erreicht wird. Speciell ist noch von einer jährlichen Neuerkrankungs- und einer Recidivencurve die Rede; jene vollbringt ihren sehr steilen Lauf von Unten nach Oben und umgekehrt in wenig Monaten, mit Winteranfang den tiefsten Stand erreichend; diese zieht von ihrer Spätherbstakme durch den ganzen Winter unter langsamem Abfall in bedeutender Höhe hin und findet ihr minimum an der Grenze von Frühling und Sommer. Dass unabhängig von der Wärme die Bodenbeschaffenheit für die Malaria massgebend ist, beweist die Häufigkeit und Schwere der Fiebererkrankungen in den ersten Jahren der Unternehmung. Frische Umarbeitung der Erdschichten, Jugendlichkeit des Aluvium, Reichthum desselben an Salzen und organischem Zersetzungsmaterial begünstigt die Entwickelung des Miasma. Auf den Feuchtigkeitsgehalt wird weniger Gewicht gelegt, doch erscheint wenigstens indirect die Bedeutung desselben für die regressiven Umwandlungen des Bodeninhaltes gross genug, um die Schönlein'sche Qualification der Malariasiechen als Wasserfühler zu rechtfertigen und Ausländer constatirte als Folgen der von anhaltenden Regen veranlassten Ueberflutungen der Theissgegenden im Sommer 1869 intensive Malariaprocesse. Im Uebrigen leuchtet der Temperatureinfluss auf die Marschfieber aus der ungemein übereinstimmenden Form der Wärme- und Fiebercurve hervor; die heissesten Sommer hatten die stärksten Epidemien, deren maximum fast immer in das Monat mit höchstem thermischen Mittel fiel; die schwersten remittirenden Formen gehören beinahe ausschliesslich dem Sommer an, in welcher Hinsicht Frison vornehmlich die nervösen Symptome an den Einfluss der Hitze bindet, die entzündlichen mehr an die Einwirkungen der kalten Jahreszeit; in dieser ereigneten sich am Jahdebusen die meisten Rückfälle. Greller Witterungswechsel oder beträchtliche Störungen des atmosphärischen Gleichgewichtes reflectirten sich häufig in Malariaparoxysmen. Die Verbreitung des Miasma durch Winde ist in den Marschen zweifelhaft geworden; Erhöhung des Boden, Ausfüllung der Gräben, Eintrocknung der Sümpfe hat deren Gesundheitsverhältnisse um die Jahde herum namhaft verbessert. — In einer Betrachtung über die chronische Hervorrufung mässig starker Malaria auf den Moorkolonien Hannover's berücksichtigt Ritter wenn auch ohne ausdrückliche Betonung der wie es schien zu Grab getragenen Ausschliessungstheorie der Malaria und Phthise den Einfluss des der ersteren günstigen Wasserdampfes und organischen Verwesungsdunstes auf die Lungen, deren tuberkulöse Processe dadurch keinesfalls verhindert oder auch nur in der Ausbildung gehemmt werden, für welche jedoch die besagten Beimengungen des Athmungsmittels immerhin weniger schädlich sind, als Staub- und Sandpartikeln

steriler trockner Gegenden; in diesem indirecten Sinne höchstens könnte der Aufenthalt in Malariaregionen Lungenleidenden zu gut kommen, ohne dass an irgend welche innerlich pathologische Beziehungen zu denken wäre. — Die anerkannte Thatsache, dass gegen die respiratorische Infection diejenige durch den Magen bei Genuss paludösen Trinkwassers wesentlich zurücktritt, verschärft Colin durch die positive Erfahrung, dass letzterer Diarrhöe oder Ruhr und nur die Sumpfluft Intermittens hervorrufe. —

In Köhler's Arbeit über die Malaria von 1873 ist erwähnt, dass der als antimiasmatisch berühmt gewordene Baum Eukaliptus globulus zuerst am 6. Mai 1792 von Labillardière und Entrecasteaux auf van Diemensland gesehen, und zur Familie der Myrtaceen gehörig bestimmt wurde. Er wächst auf feuchtem Boden und bei höherer Temperatur, wie sie nicht bloss seine australische Heimath, sondern selbst noch Südeuropa zu gewähren vermag, so schnell, dass er statt der hundertjährigen Periode gewöhnlichen Nutzholzes alle 20 Jahre geschlagen werden kann. Sein Blatt- und Wurzelwerk hat eine enorme Absorptionsfähigkeit, nimmt namentlich die Abkömmlinge faulender organischer Stoffe auf, entgiftet so die Brutstätten der Malaria und verbessert überdies positiv die Atmosphäre durch balsamische Aushauchungen. Wenn vermuthet werden darf, dass Australien seine gegenüber ähnlich meteorisirten Ländern auffällige Freiheit von Fiebermiasmen den üppigen Eukaliptuswäldern verdankt, ist deren, soviel ich weiss, auch schon mit günstigem Erfolg unternommene Anpflanzung in dazu geeigneten Malariaregionen dringend zu wünschen. Ob der chemische Abkömmling dieser wohlthätigen Pflanze, das Eukalyptol, welches die arterielle Spannung mässigen und die träge Hirncapillarcirculation anregen soll, als Fiebermittel sich bewährt, steht dahin; jedenfalls sehe ich keinen Grund, eine solche Erwartung aus dem miasmatischklimatischen Verhalten des ganzen Baumes herzuleiten, denn dieses wird in seiner trefflichen Bekämpfung der Malaria als ein rein physikalisches erkannt, und bedingt in keiner Weise die möglich vorhandenen aber auf ganz anderem Wege zu erforschenden chemisch-physiologischen febrifugen Wirkungen eines Vegetationserzeugnisses. — Frantzius, die Malaria in Costa rica untersuchend, fand dort hohe mit Urwald bedeckte Gebirge, an deren Fuss bis zum Meere hin in feuchtwarmer Luft die Wohnungen stehen. In den Hochthälern von San José und Cartago (3—5000′) ist das Klima sehr gesund, während die Niederungen, zwar mit festem Untergrund versehen, aber im unebenen Tuff viele Lagunen bergend, Fiebergegenden sind. Zur Regenzeit von April bis Oktober wird meist durch einen heftigen NE die Fieber erzeugende Verdunstung befördert, aber zugleich der Stagnation der Miasmen vorgebeugt, von welch entgegengesetzten Effecten der günstige so sehr überwiegt,

dass in Jahrgängen mit ausnahmsweiser schwacher Windentwicklung mehr Erkrankungen vorkommen. So lang der Boden vollständig mit Wasser bedeckt ist, erscheinen die wenigsten Fieber, welche sich häufen, wenn nur noch einzelne Wasserpfützen mit reichlicher Algenbildung und moderigem Geruch stehen geblieben sind. — Auf der atlantischen Seite des südamerikanischen Gebirges sollen über 3000′ Höhe Malariaepidemien gar nicht oder höchstens auf frisch gerodetem Urwaldboden vorkommen. — Den directesten Weg zum Nachweis eines Fieber machenden Zersetzungsmiasma schlug Toropoff ein, indem er förmlich experimental in feuchtwarmen mit unreinem Holz- und Bauschutt angefüllten Zimmern Malaria-artige Erkrankungen auftreten sah. — In vegetativer Hinsicht wird zwar keine specifische Fieberflora angenommen, doch als begünstigend bezeichnet das Wachsthum von Schilfrohr, Zwergholllunder, pteris aquilina, wildem Wein, Krapp, Maulbeerbäumen, Cypressen, Pyramidenpappeln, polyurus aculeatus; nicht als ob diese Gewächse an sich im Vegetationsprocess Miasmen erzeugten, sondern bloss in indicatorischer Beziehung, indem ihr Standort auf reichliches Grundwasser deutet, dessen den oberflächlichen Bodenschichten abwechselnd Durchfeuchtung und Austrocknung bereitende Fluctuationen hauptsächlich an der Malariagenese mitarbeiten. Doch muss sich dazu eine relativ hohe Wärme gesellen, denn wo die sommerliche Mitteltemperatur unter + 16.25° C liegt, kommt es selbst unter den günstigsten Bedingungen des Unterwasser, und ihm wie dem Pflanzenwuchs förderlicher Schwarzerde nicht zu Sumpffieber; dieselben fangen an bei einer mittleren Monatwärme von 17.5° C und werden bei 23.75° C leicht en- oder epidemisch. Elektrische Einflüsse sind für die Miasmenbildung gleichgiltig, Winde je nach der Richtung bald heilsam, bald schädlich; denn ins Kuraflussthal tragen solche das anderwärts erzeugte Miasma, Poti am schwarzen Meere aber wurde gesünder, seit durch Fällung eines Waldes den reinigenden Seewinden Zutritt gestattet ward. — Die Natur der Miasmen ist noch immer so gut wie völlig unbekannt, denn Angaben starken Stickstoffgehaltes, bis 89 prc., eines die Luft übertreffenden Gewichtes, einer expansiven Auflockerung bei Tage, einer Verdichtung in der Nacht, einer Schwängerung mit organischen Keimen, wie anderseits gänzlicher Freiheit von Parasiten sind ebenso wenig überzeugend oder abschliessend, als Vaughan's inficirende flüchtig ätherische Oele, als Fieberursache von lebenden Pflanzen ausgeschieden. —

Von anderen Erkrankungen wird meningitis cerebrospinalis ätiologisch mit meteorischen Elementen in Ostfriesland von Prestel in Beziehung gebracht, nicht eigentlich in Folge unmittelbarer Einwirkung derselben, sondern insofern den einer grossen Epidemie vorangegangenen Jahreszeiten ein dem Getraidebau höchst ungünstiger

dagegen der Entwicklung von Brandpilzen und Mutterkorn förderlicher Charakter beiwohnte. Der vorausgegangene Winter war nämlich sehr kalt, der Sommer ausserordentlich nass und kühl. Ob, wie der Verfasser der hierauf bezüglichen Schrift meint, die Symptome der Krankheit, deren Herrschaft in die Zeit fiel, wo man das aus dem missrathenen Getreide bereitete Brod genoss, zu einer Identificirung mit Ergotinvergiftung berechtigen, dürfte kaum allgemeiner medicinischer Zustimmung begegnen. — Derselbe Forscher bringt die Infectionskrankheiten seiner Heimath mit dem schwankenden Ozongehalt der Atmosphäre in Zusammenhang. —

Bergmann in Upsala untersuchte in der jüngsten Zeit die Aetiologie der Lungenentzündungen und Luftwegkatarrhe in Schweden von meteorisch-klimatischem Standpunkt aus. Besteht auch keine bis ins Detail zuverlässige Harmonie der desfallsigen Morbilität mit der Temperaturcurve, so folgt doch nach den halbmonatlichen Mitteln, dass die meisten Krankheitsfälle bei niederer Wärme vorkommen, zumal wenn solche, wie meist im Januar anhält, während mildere Temperatur oder auch nur ein öfterer Nachlass der Kälte die Entstehung jener Leiden weniger begünstigt. Die absolute Amplitude der Schwankungen ist für deren Auftritt ebensowenig bestimmend, als die Höhe der Extreme, dagegen mehr die Lage des Mittelwerthes. Bei geringem Druck und grosser Constanz des atmosphärischen Wasserdunstes erscheinen auffällig viele Brust- und Halskrankheiten, für welche der relative Feuchtigkeitgehalt gleichgiltig erscheint. Namhaftes Sinken des Luftdruckes und heftiger Wind ist fast immer mit ansteigender Morbilitätscurve verbunden, und da jene Wetterphänomene in der Regel mit fernen gewaltigen Störungen des atmosphärilen Gleichgewichtes in Zusammenhang stehen, wie sie den Wirbelstürmen zu Grund liegen, scheinen diese ihre im Einzelnen zwar noch der Sichtung harrenden, im Ganzen aber unverkennbaren hygienischen Einflüsse weit über die unmittelbare Strecke der Cyklonenbahn auszudehnen. — Einen noch deutlicheren Zusammenhang mit den Witterungsverhältnissen dürfte die Verfolgung der rheumatischen Affectionen ergeben, wenn dieselbe nicht an der Schwierigkeit einer Constatirung der Initialstadien scheiterte. —

Schliesslich mag erwähnt werden, dass die dänischen Aerzte von der Annahme eines Zusammenhanges der Grundwasserschwankungen mit der Cholera ebenso zurückgekommen sein sollen, wie technische Untersuchungen keine sicheren Resultate für deren Einfluss auf typhoide Fieber ergeben hätten. —

(zu §. 409 S. 453.). Von Arthur Mitchell und Alex. Buchan wurde aus den letzten 30, resp. 31 Jahren eine Vergleichung der Krankheitsfälle und lebensalterlichen Sterblichkeit mit den

meteorischen Mitteln der Jahreszeiten vorgenommen, deren Wechsel als bestimmte klimatische Variationen mit der vorwaltenden Qualification: kalttrocken, warmtrocken, kaltfeucht, warmfeucht etc. auffassbar erscheinen. — Die allgemeine wöchentliche Sterblichkeit ohne Rücksicht auf Alter und Erkrankung geht über das Normalmittel hinaus von November bis Mitte April, sinkt von da bis zu einem Ende Mai erreichten minimum, steigt darauf langsam bis zur dritten Woche des Juli aufs Jahresmaximum, in dessen Nähe sie bis in die zweite Augustwoche verbleibt und fällt von da bis zu einem im October erreichten zweiten minimum. Der überraschend schnell empor- wie herabgehende Sommerexcess der Mortalität betrifft ausschliesslich Kinder unter fünf Jahren, während die Sterblichkeitscurven der anderen Lebensalter davon gänzlich unberührt bleiben; auch sind es ganz besondere Krankheitsformen, welche die sommerliche Mortalitätssteigerung verschulden, nämlich Leiden der Verdauungsorgane. Werden diese, offenbar vom Conflux socialer und diätetischer Saisongewohnheiten mit den sorgloser behandelten oft nicht geringen Schwankungen der Tages- und Nachttemperatur erklärlich, abgerechnet, so zeigen sich auf die einfach zwischen winterlichem maximum und sommerlichem minimum verlaufende Mortalitätskurve die Affectionen der Athmungswege von vorzüglich bestimmendem Einfluss. Die specielle Nebeneinanderstellung der Sterblichkeitscurven für Pneumonie und Bronchitis gibt im ersteren Falle eine viel kleinere Fluctuation als im zweiten; der Excess der Kindersterblichkeit ist beidemal gross, erreicht aber nicht entfernt den von diarrhoischen Zuständen veranlassten. Einen gewissen Zusammenhang der Mortalitätsmaxima aus verschiedenen Krankheitsursachen mit bestimmten Witterungsverhältnissen zeigt folgende Zusammenstellung:

Witterungscharakter	maximum der Sterblichkeit in Folge von
Kalt	Bronchitis, Pneumonie, Asthma.
Kalt, trocken	Gehirnleiden, Convulsionen, Keuchhusten.
Warm, trocken	Kinderblattern, (Selbstmord).
Warm, feucht	Diarrhöe, Dysenterie, Cholera.
Kalt, feucht	Rheumatismus, Herzleiden, Diphtheritis, Scharlach, Masern, Croup.

Unabhängig vom Wetter erscheinen die Todesfälle in Folge von Leber- und Krebskrankheiten. Die am wenigsten durch Sterblichkeitsmaxima markirte Periode ist die der Regel nach warmtrockne von Mitte Mai bis Ende Juni, indem hier bloss die Masern exacerbiren und die meist im April begonnenen Kinderblattern noch hereinragen. Auszehrung und senile Lebensschwäche, auch wohl die Folge- oder Begleitungszustände kindlicher Zahnentwicklung erreichen im warmfeuchten Juli oder August ein secundäres maximum. — Einzelne

Morbilitätscurven zeigen auffällige Unterschiede; die Curve des Keuchhusten steigt über das Mittel bei Beginn der zweiten Decemberhälfte, erreicht ein maximum im März oder April, und sinkt von da zu einem minimum im September und Oktober, die Curve des Scharlach variirt unter entgegengesetztem Verlauf zwischen einem Frühlingsminimum und einem Herbstmaximum. —

Bei vergleichender Betrachtung mehrerer Orte erscheint die in London umgekehrte Proportionalität der Mortalitäts- und Temperaturcurve im australischen Victoria in eine gerade verwandelt; dass an letzterem Ort die Todesfälle mit der Temperatur steigen, kommt vornehmlich auf Rechnung der Kindersterblichkeit an Ruhr und Durchfall, welche beide Krankheiten mit dem höheren Temperaturmittel (Victoria: 14.2°, London: 10° C) gemehrt werden, demnach in England bloss die oben bereits in Betracht gezogene sommerliche Steigerung, in Australien aber eine ziemlich gleichmässige Verbreitung übers ganze Jahr erfahren. Im mit relativ hoher Wintertemperatur ausgestatteten Victoria bleibt überdies die sonst entschieden mit der Kälte vorschreitende Mehrung der Todesfälle an Respirationsleiden aus und wird deshalb die Curve der Gesammtsterblichkeit vorwiegend von den Sommerkrankheiten bestimmt. In dieser Jahreszeit erreicht zu Victoria auch die Sterblichkeitsziffer der Convulsionen eine Steigerung und das hierauf bezügliche secundäre maximum erlangt in Nordamerika mit excessiverer Sommerhitze eine weit deutlichere Ausbildung, als im moderirten London. —

§. 525. (zu §. 410.) Im ersten Heft der von Aerzten und Meteorologen gleich freudig begrüssten verdienstlichen Unternehmung v. Sigmund's und Reimer's, dem Interesse der klimatischen Kurorte die eine weitere Verbreitung, eine lebendigere Anregung und eine rasche Verfolgung einzelner Forschungen ermöglichende Thätigkeit einer besondren Zeitschrift zuzuwenden, ist über katarrhalische Constitution, deren Behandlung durch klimatische Einflüsse, wie in unserem Texte schon erwähnt, in der That den häufigsten Vorwurf einer natürlichen Lungen-Therapie bildet, von F. A. Hartsen eine Abhandlung erschienen, welche um so mehr Aufmerksamkeit, und hier eine Wiedergabe als Beispiel der medicinischen Klimatologie verdient, da der Verfasser, wie es scheint, in der glücklichen Lage eines privatisirenden Arztes ebensosehr das Verständniss für die einschlägigen Erscheinungen besitzt, als eine vollkommene Unabhängigkeit von jeglichen Nebenrücksichten.

Die Eigenthümlichkeit der katarrhalischen Constitution, eine grosse Empfindlichkeit und Verletzbarkeit der Schleimhäute äussert sich zwar in den pathologischen Folgen verschiedentlich nach Ort und Ausdehnung der letzteren, weil aber unter diesen die

respiratorischen und intestinalen sowohl hinsichtlich der verfügbaren freien Fläche, als der Gelegenheit zu äusserlichen Angriffen denselben weitaus die günstigsten Chancen bieten, sind die auf ihnen hervortretenden Erscheinungen am wichtigsten, zumal auch die Mitleidenschaft verwandter oder bloss in nervösem Connex zum primären Krankheitsherd stehender Gewebe, besonders der an rheumatischen Consecutivaffectionen betheiligten synovialen, wie die Alteration des Gesammtbefindens am imponirendsten ausfällt, wenn die Hauptstörungen an Organen von so fundamentaler und weitgreifender Bedeutung ablaufen, wie Athmung und Verdauung sie für's Leben haben. Allerdings sind selbst unter Einbezug aller secundären Zustände die Schleimhautkatarrhe an sich bei Voraussetzung eines sonst möglichst normalen Organismus, einer guten Ernährung und eines zweckmässigen Verhaltens überhaupt nicht lebenbedrohend und meist nur vorübergehend, dafür aber desto häufiger wiederkehrend und dann, wenn die veranlassenden Reize allzu oft oder heftig den vulnerablen Theil treffen, anderseits aber eine zu wenig schonende Lebensweise geführt wird, zu einer chronischen Einnistung geneigt, welche allmälig fast auf alle Organe einwirkt und jedenfalls die Annehmlichkeit und Kraft des Daseins erheblich trübt. In den Anfangstadien derartiger katarrhalischer Inclinationen oder selbst später, sofern nur noch keine tiefere Complication eintrat, ist nun ein klimatischer Einfluss ganz an seinem Platz, welcher bei richtiger Verwendung milder Factoren ebenso gut schonend, als anregend oder abhärtend und stärkend dem Organismus gegenübertritt. Frische oder besser reine Luft spielt darunter die Hauptrolle, so dass ihre möglichst anhaltende Einathmung bei prolongirtem Aufenthalt im Freien in hohem Grade den klimatischen Werth eines Curortes bestimmt. Die späte Abendluft wird dabei an den meisten Orten mehr oder weniger Gefahren für eine empfindliche Respirationsschleimhaut bergen; doch auch der unvorsichtige Genuss der Morgenluft ist bedenklich, sogar nach unserem Autor in erhöhtem Grade, weil zu dieser Tageszeit die Erde am stärksten abgekühlt ist, und der Körper wegen Nachwirkung der Bettwärme am empfindlichsten. Eine in letzterem Sinne an vielen Badeörtern geübte Abhärtungstheorie hat deshalb ihre Schattenseiten und sollte überhaupt nur in freien Zwischenpausen der katarrhalischen Anfälle ausgeführt werden, während in den Reizungszuständen selbst Warmhalten des Körpers überhaupt und insbesondere der primär leidenden Theile so angelegentlich empfohlen wird, wie der modernen Anschauung von Lage und Bedürfniss des Kranken kaum mehr ganz entsprechen dürfte. — Was den fast sprüchwörtlich gewordenen und von den meisten Aerzten wie Patienten mit felsenfestem Vertrauen hingenommenen südlichen Aufenthalt betrifft, so wird die Realität seines Nutzens anerkannt, doch nur wenn er zur rechten Zeit und unter geeigneten Massregeln ein-

tritt. Gänzliche Vermeidung des Winter können nur aussereuropäische Plätze gewähren; es wird aber zur Erwägung gegeben, ob nicht mässige Winterkälte gerade einen hygienisch tonisirenden Werth besitze, und ob nicht überhaupt es Unrecht ist, der milderen Temperatur an sich die erste oder gar ausschliessliche Bedeutung unter den meteorischen Eigenthümlichkeiten des Südens zuzuschreiben. Bei dessen heilenden oder schonenden Einwirkungen spielt sie allerdings stets eine sehr wichtige Rolle, aber dass diese von anderweitigen Effecten unterstützt werden muss, folgt schon aus der Unmöglichkeit eines vollen Ersatzes südlicher Klimate durch künstliche Erwärmung heimatlicher Wohnräume und aus der Thatsache, dass von jenen die wärmsten keineswegs nothwendig die besten sind. Wie überall ist auch im Süden das Klima ein compositum. Speciell von Südfrankreich wird zur differentiell-klimatischen Charakteristik hervorgehoben, dass im Vergleich mit dem Norden alle Winterstationen weniger feucht sind, die Atmosphäre in der Regel hell und rein, die Temperatur zu allen Jahreszeiten relativ hoch ist. Physiologisch eigenthümlich erscheint der anregende Einfluss auf das Nervensystem, wodurch alle organischen, animalen wie vegetativen Processe beschleunigt und gekräftigt werden. Dieser an sich guten, einem gesunden Leibe äusserst erspriesslichen Steigerung verfallen natürlich auch die an erkrankten Geweben ablaufenden Ereignisse, ja in so erhöhtem und gefährlichem Grade, dass bei weit vorgeschrittenen tiefen Leiden eine die letzte Lebenskraft absorbirende Zerstörung in zu naher Aussicht steht, um nicht derartigen Patienten höchste Vorsicht im Besuch südlicher Stationen, oder dessen gänzliche Unterlassung empfehlen zu sollen. Hartsen gibt den praktischen Rath, man möge die desfallsige Ertragungsfähigkeit schon zu Hause auf die Probe stellen, weil die Witterungsunterschiede im Norden annäherungsweise den in Betracht zu ziehenden localen Differenzen entsprechen. „Wer zu Hause die Erfahrung macht, dass aufregendes kaltes Wetter ihm schadet, zu Husten reizt, Fieber anfacht, Schlaflosigkeit hervorruft, der gehe gar nicht nach dem Süden. Wer findet, dass solche Einflüsse ihm unbedingt wohlthun, der gehe dahin und zwar mit dieser Vorsicht. Thun die Einflüsse ihm unbedingt gut, so wähle er gleich einen aufregenden Ort (am besten unter den Küstenplätzen des Mittelmeeres) thun sie ihm aber unter Beschränkung gut, einen mehr beruhigenden und einschläfernden (etwa am Fuss der Pyrenäen: Pau, Orthez etc.). Das anfängliche Missbehagen an einem neu angetretenen Wohnsitz ist vorerst kein Grund, ihn gleich zu verlassen, weil es oft mehr von socialen Nebenumständen als wirklichen klimatischen Einflüssen hervorgebracht wird; erst wenn diese selber in ihrem wahren guten oder schlimmen Bezug zum Organismus festgestellt sind, darf zweiten Falles an einen Wechsel gedacht werden, bei dessen Ausführung grelle

Sprünge der hauptsächlichen localen Eigenschaften vermieden werden mögen. Besonders soll hiebei der vorherrschenden oder doch öfter drohenden Windrichtung nicht vergessen werden, in welcher Hinsicht von den ostwärts des Esterelgebirges liegenden Mittelmeerorten, wie Nizza, Cannes die starke Exposition gegen den Ostwind erwähnt wird, welchen der Autor mehr fürchtet, als den berüchtigten Mistral, weil jener im Süden feucht gern Katarrhe hervorruft; Hyères, auch sonst bevorzugt, sei am meisten dagegen geschützt. — Der Zeitpunkt der Hin- und Herreise ist in doppelter Beziehung wichtig, einmal in subjectivem Sinne, indem einerseits nicht der vollendete Ausbruch, sondern das Stadium der Vorsymptome oder Einleitung der Krankheit die besten Chancen für den Beginn einer klimatischen Kur eröffnet, anderseits nicht schon die Verminderung einzelner Erscheinungen oder selbst ein den zusagenden Bedingungen entsprechendes, aber auch an sie gebundenes allgemeines Wohlbefinden zum Abbruch des Aufenthaltes veranlassen darf, sondern möglichste Befreiung von sämmtlichen pathologischen Phänomenen und eine dauerhafte Erstarkung der organischen Widerstandskraft abgewartet werden sollte; dann in objectiver Hinsicht, indem der Süden nur in der rechten Jahreszeit seine wohlthätigen Einflüsse entfalten kann. Der Sommer ist daselbst für alle Nordländer mehr oder weniger unangenehm; obschon er aber sehr in die Länge gezogen viel später als bei uns dem Herbste Platz macht, sollte doch schon im August an die Reise gegangen werden, weil von höchster Bedeutung ist „den geheimnissvollen katarrhalischen Einflüssen des nebeligen Pilze gebärenden Herbstes im Norden" zu entrinnen, während der dann noch im Süden in Aussicht stehende Herbst weit weniger schädlich sich erweist. Winter und bald eintretender Frühling sind nun selbstverständlich die wahren Zeiten der südklimatischen Curen, deren Erfolge indess schwer bedroht werden möchten, wenn die erste Sommerhitze und die Aussicht auf einen wiederholten Lenz in der nördlichen Heimath zur verfrühten Rückkehr in diese bestimmt, uneingedenk der Thatsachen, dass die frühesten Temperatursteigerungen im Norden wie Süden kurz vorübergehend und oft von schweren Kälterückschlägen gefolgt zu sein pflegen, aus den thermischen Erscheinungen im Süden kein Schluss auf die gleichzeitigen oder bevorstehenden Verhältnisse im Norden gesichert ist und eine etwa in letzterer Gegend noch vorgefundene Wärmedepression dem an ein milderes Klima gewöhnt Gewordenen doppelt empfindlich ist. —

§. 526. (zu §. 411. S. 469.). Das Klima des in neuerer Zeit viel besprochenen San Remo, unter 43° 48′ n. Br. unweit den früheren, seit dem französisch-deutschen Kriege für uns zum Theil weniger anziehenden, Hauptorten der Riviera di Ponente, hat in

Dr. Broeking aus Soden einen Forscher und Beschreiber gefunden, dessen umfangreiche Monographie in der klimatologischen Vierteljahrschrift die einschlägigen Verhältnisse in sehr günstigem Lichte erscheinen lässt. In Vergleich zu den breiten tiefen, nur unvollständig gegen rauhe Winde geschützten Buchten von Nizza und Cannes bietet San Remo nebst dem annäherungsweise gleichgut situirten Mentone Dank den hohen Vorbergen eine viel gleichmässigere Temperatur mit geringen Schwankungen, unbedeutenden Minimalwerthen und kleinen Extremabständen. In Folge dessen, sowie wegen der gerade hinreichenden, dem westlichen Theile mehr als dem östlichen der flachen in der Luftlinie von 7500 m. geöffneten Bucht zu gut kommenden natürlichen Bewässerung und einer auch den Bergabhängen nicht fehlenden dicken Humusschicht ist die Vegetation üppiger und mit südlicheren Formen bis zur Banane und Palme ausgestattet, als an allen benachbarten Plätzen. Auch sonst sind beide erwähnte Küstenstriche nicht ganz gleich qualificirt; Nordwinde zwar bleiben beiden gleichmässig erspart, und Süd- oder Südwestwinde sind ihnen in gleicher Stärke gewährt, dagegen gehen die östlichen Windrichtungen fast unmerklich über die Ostbucht und treffen die auch den West-, und allerdings seltenen Nordwestwinden weniger entzogene Westküste so empfindlich, dass nur an ruhigen Tagen oder bei der britischen Vorliebe für frisch bewegte Luft von einem Vorzug der westlichen Seite über die Wind- und Staubfreiere östliche die Rede sein kann.

Aus den Lebensverhältnissen, welche im Allgemeinen für den Fremden sich gut gestalten, genügt die Angabe, dass bei einer mittleren Sterblichkeitsziffer von 1 zu 41 Katarrhe und Bronchiten ziemlich häufig, aber tiefere Entzündungen der Lunge mit käsiger Entartung oder phthisischen Consequenzen selten sind. Infectionskrankheiten, Rheumatismen, Herz- und Nierenleiden treten bloss vereinzelt auf.

Die mittlere Jahreswärme ist aus den letzten neun Jahren zu + 16.65° C. bestimmt, das tiefste Monatmittel für den Januar mit + 9.48° C. das höchste für den Juli: + 24.90° C., ein absolutes minimum von — 3.0° C. an einem Apriltag, ein maximum von +32.6° C. im August. Frühling und Herbst sind zu Gunsten eines fünfmonatlichen Sommers beziehlich auf März, April und October, November beschränkt. Im Winter geht die Temperatur allerdings nicht selten unter den Gefrierpunkt herab, doch nur auf kurze Zeit und in Ausnahmsfällen bis — 4° C., wie ein solcher im Anfang dieses Jahres vorlag, wo aus einem grossen, Kleinasien, Türkei, Griechenland, Süditalien und Nordafrica umfassenden pleiobarischen Gebiete mit abnorm erhöhtem Luftdruck und strenger Kälte diese von anhaltenden östlichen, zwischen schwacher nördlicher und südlicher Abweichung

oscillirenden Winden an die Riviera getragen wurde. Hievon werden natürlich auch deren andere Punkte betroffen, so dass immer noch San Remo ihre wärmste Winterstation bleibt. — Die täglichen Temperaturschwankungen sind unbeträchtlich. In den Wintermonaten nahm zwischen 9 und 3 Uhr die Temperatur 129 mal zu, am häufigsten um 3—5° C., höchstens um 10° C., nur 11 mal ab, nicht leicht über 3° heruntergehend. Negative Temperaturschwankungen sind Vormittags höchst selten und immer sehr unbedeutend, am Abend aber gewöhnlich, doch meist bei 3—5° C. Erniedrigung verweilend, in höchstens 3 Procentfällen zu 10° C. herabsteigend; im letzterwähnten Zahlenverhältniss ungefähr ereignen sich auch die seltenen, 3—4° C. umfassenden abendlichen Wärmesteigerungen. Die nächtlichen Temperaturvariationen zwischen 9 Uhr Abend und Morgens innerhalb 3—5° C. erfolgen gleich oft im positiven und negativen Sinne. Der hohe Luftdruck der Mittelmeerküsten findet sich auch im Mittel von San Remo 761.43 mm. mit einem dem Februar angehörigen maximalen Durchschnittwerth von 779.16 mm. und einem in den März fallenden minimum von 739.91. Die Monatschwankungen sind für den Januar mit dem höchsten Werthe von 25.3, für den Juli mit dem kleinsten 12.4 mm. verzeichnet; die regulären Tagesvariationen sind im Februar mit 0.71 mm. am beträchtlichsten, im Juli mit 0.15 mm. am geringsten. Hervorgehoben wird, dass die Monate Februar und März mit sehr erheblichen Barometerdifferenzen den Kranken höchst gefährlich sind, demnach eine scharfe Verfolgung der betreffenden Oscillationen hohes pathologisches Interesse gewährt. Es ergibt sich in dieser Hinsicht, dass positive wie negative Luftdruckschwankungen keineswegs zu den Seltenheiten gehören und schon innerhalb kurzer Zeit in Grenzen von 5—12 mm. sich bewegen können; Vormittag erscheinen die positiven Oscillationen seltener, als die negativen, Nachmittag sind beide geringfügiger, namhaft dagegen und zwar ziemlich gleich oft nach Oben wie Unten während der Nacht. Im Allgemeinen ereignen sich grössere Barometerschwankungen von 5—10 mm. öfter im Januar, März und December, als im Februar und November; ausnahmsweise sehr beträchtliche Abstürze aber von 10—12 mm., welche selbst Gesunden nicht gleichgiltig an Brustkranken nach Erfahrungen am Waldenburg'schen Apparat heftige schlimme Erscheinungen hervorrufen können, sind gerade jenen beiden letzten Monaten als seltene Phänomene eigen.

Folgt schon aus den häufigen Barometerdifferenzen eine geringe Stabilität des atmosphärischen Gleichgewichtes für San Remo, so leuchtet dies noch deutlicher aus der Betrachtung der Winde hervor, welche in schwächerem Grade selten fehlen, so dass die Mittelzahl der Windtage im Monat 27.7 beträgt, wovon 8.7 auf NE—E, 2.7 auf SE—S, 8.5 auf SW—W, 7.8 auf NW—N als Verhältnisszahl trifft.

In den Wintermonaten waltet die Herrschaft des ersten und vierten dieser Quadranten vor, diejenige des dritten hält sich in der Mitte, am weitesten tritt die des zweiten zurück. NE—E weht relativ am meisten im März, desgleichen SE—E, SW—W pflegt von December bis März zuzunehmen, NW—W ist im November, December und Januar ungefähr gleich häufig. Morgens ist die Luft zwar immer aber nur schwach bewegt, bloss 3—4 mal im Jahr bis zu unangenehmer Stärke; Nachmittag tritt letzteres Ereigniss mehr als doppelt so oft ein und macht sich der Wind überhaupt viel bemerklicher, beruhigt sich aber meist gegen Abend. Hinsichtlich der Stärke bleiben SE und S in sehr mässigen Grenzen, ebenso mit seltenen Ausnahmen N, E erreicht Mittags seine grösste Stärke, SW gegen Abend und oft die ganze Nacht hindurch, W kann mit grosser Heftigkeit den ganzen Tag verderben, seltener NW; sehr unangenehm macht sich zuweilen Morgens und Abend NE bemerklich. Der höchste Luftdruck wurde bei S, der niederste bei SW notirt, während er über dem Mittel blieb bei E, SE, N, darunter bei NE, SW, W, NW. Dass die höchste Temperatur mit SE und S, die tiefste mit N; die grösste Feuchtigkeit mit SW, die geringste mit E verbunden ist, stimmt mit den allgemeinen Erfahrungen überein.

Der Druck des atmosphärischen Wasserdunstes beträgt im Jahresmittel 10.19, welchem der für die Wintermonate berechnete Werth: 6.86 mm. auffällig nah kommt; doch zeigt sich immerhin der bekannte Zusammenhang mit der Wärme, denn einem Januarminimum von 5.95 steht ein Julimaximum von 15.88 gegenüber. Des Tages steigt die Dunstspannung vom Morgen bis gegen 3 Uhr Nachmittag und fällt von da, um mit Einbruch der Nacht im Sommer tiefer zu stehen, als bei Tagesanfang, während im Winter die nachmittägige Abnahme weniger tief heruntergeht. Die Werthe der Tagesamplitude sind nicht ganz unbeträchtlich, denn sie gehen bis 5, in sehr seltenen Fällen selbst 6 mm. Der physiologische Einfluss solcher Unterschiede der absoluten Luftfeuchtigkeit wird im Hinblick auf die zu ihr in verkehrtem Verhältniss stehende pulmonale Wasserabgabe (Ludwig) durch häufige und merkliche Modificationen der letzteren eine Kräftigung der Lungenconstitution und Function in angehenden Phthisikern begünstigen. — Die relative Feuchtigkeit beträgt im Jahresmittel 66.7 prc. und die Monatabweichungen hievon sind so gering, dass nur ein maximum von 68.1 im Februar, ein minimum von 65.2 im August erreicht wird, während des Tages aber morgentliche, mittägige und abendliche Feuchtigkeit beziehentlich im Durchschnitt mit 66.8 prc., 64.5 prc., 68.8 prc. notirt werden. In diesem nach den Durchschnittwerthen so trocknen und anscheinend gleichmässig saturirten Klima finden jedoch im Einzelnen nicht unbeträchtliche Schwankungen der Feuchtigkeit statt; Zunahmen über 20 prc. sind Morgens am seltensten

im Februar, Mittag und Abend im November, am häufigsten Morgens und Mittag im December, Nachts im Januar und Februar; Abnahme der relativen Feuchtigkeit um mehr als 20 prc. erfolgt am häufigsten Morgens im Januar, Nachmittag im Februar, Nachts im December, seltener Morgens im November, Nachmittag im Januar, Nachts im Februar. Schwankungen der relativen Feuchtigkeit um 1 prc. dürften kaum eine merkliche Wirkung auf den Organismus haben, bei grösseren aber werden dessen Compensationsbestrebungen durch Vermehrung des Durstes und Abnahme flüssiger Secrete deutlich; bei Brustkranken treten in zu trockner Luft leichte Lungenblutungen, in zu feuchter gern Diarrhöen auf. — Ausscheidung und Verdichtung der atmosphärilen Feuchtigkeit bestimmen die landschaftlichen Reize und den freien Naturgenuss in so hohem Grade, dass die desfallsige höchst vortheilhafte Qualification San Remo's ihm nur zur Empfehlung als Kurort dienen kann. Nach der zehntheiligen Bewölkungsskala steigt das Jahresmittel nur auf 3.7, worüber das Monatmaximum im November und December zu 4.8 hinauf, das minimum des Juli bis 2 herabgeht. Am klarsten ist der Himmel gegen Abend, bewölkt sich in der Regel während der Nacht, stärker noch am Morgen und klärt sich dann über den Nachmittag hin auf. Im October wo es am meisten regnet, 5—6 mal mehr als im Juli, ist natürlich auch die Bewölkung am dichtesten und vermindert sich in den beiden nächsten Monaten nur wenig; doch fallen immerhin auf den Winter 52—73 heitere Tage und im letztverflossenen brauchte der Patient bloss an 10 Tagen ganz im Hause zu bleiben. Regentage hat die kältere Jahreszeit von November bis März nur 26, und das ganze Jahr 51. Mindestens die Hälfte dieser Regenfälle, über deren quantitative Leistung leider eine Angabe unter den sonst so umfangreichen und genauen Mittheilungen Brocking's vermisst wird, welche indess vermuthlich zwischen 500 und 700 mm. sich bewegt, ist mit NE Wind verbunden; daran reibt sich an Regenhäufigkeit W, NW, N; sehr selten begleiten ihn E und SE, nie S und SW. Selten, wenig und kurz liegen bleibend erscheint Schnee mit NWind, Hagel zuweilen bei W und N. Nebelige Verdüsterung der untren Luftschichten zeigt sich nicht oft; am liebsten bei ESE oder W. — Die Verdunstung scheint nur während des Winters beobachtet worden zu sein; ihr Mittel für die fünf Monate: November — März wird zu 3.4 mm. angesetzt; im December, Januar, Februar gering steigt sie im März zu relativ hohen Werthen, welche in Betracht der höheren Novembertemperatur dem stärkeren Winde zugeschrieben werden müssen; die unter ihrem Einfluss erreichte Evaporationshöhe von 8—10 mm. kommt im November wohl auch, doch viel seltener und im December kaum einmal zur Beobachtung.

Als Jahresmittel des Ozongehaltes der Luft gilt 6.2; das höchste

Monatmittel kommt mit 5.7 im April für die 12 Nachtstunden 9–9h zur Aufzeichnung, das kleinste: 1.10 im September für die Nachmittagstunden 12—3h. In der Originaltabelle ist die Tagesbeobachtungsperiode in drei Abschnitte 9—12, 12–3, 3–9h zerlegt, wofür die Mittel gefunden werden 2.62, 2.24, 3.19; ihre Summe 8.05 wird als Gesammttagesreaction zur nächtlichen 4.57 addirt und daraus der jährliche Durchschnittwerth 6.3 berechnet, welcher insofern beanstandet werden kann, als die Rechnungsbestandtheile nicht unter gleichen Bedingungen erworben sind, indem sich kaum annehmen lässt, dass eine zwölfstündige ununterbrochene Exposition der Papiere immer zu einem Resultat führt, welches genau die Summe der in kürzeren Zwischenräumen erhaltenen Färbungen mehrerer verschiedener Streifen ist; vielmehr fallen voraussichtlich die auf letzterem Weg gewonnenen Werthe höher aus, wonach das mitgetheilte Jahresmittel eher zu hoch als zu niedrig sein möchte. In den Altstadthäusern soll sich gar kein Ozon finden, womit der Autor den scrophulösen Habitus der dortigen Kinder in Zusammenhang bringt, desgleichen die erheblich unter das Mittel herabgehende Ozonverminderung des vorigen Winter mit an der Riviera herrschender Diphtheritis, welche erst im Februar unter steigendem Ozongehalt verschwand, in welcher Hinsicht mir indess ein durch Studien, Praxis und weite Reisen erfahrener hiesiger Arzt mittheilt, dass gerade an den durch hohen Ozongehalt bekannten nördlichen Seeküsten Diphtheritis häufig vorkomme, ohne in ihren Fluctuationen mit den Schwankungen jenes einen ersichtlichen Zusammenhang zu zeigen. — Im Allgemeinen wird das Klima von San Remo als ein im Winter warmes, mässig trocknes, überaus gleichmässiges, stark roborirendes Küstenklima charakterisirt mit sehr hohem Luftdruck, starker Dunstspannung, grossem Ozongehalt und sehr bedeutender Evaporation bei lebhafter selten unangenehmer Ventilation. Als seine physiologische Hauptwirkung erscheint Wasserverarmung des Organismus, Erleichterung der Athmung, mässige Steigerung der Herzthätigkeit und Kräftigung des Nervensystems. Der Stoffwechsel erfährt in allen Stücken eine heilsame Anregung, namentlich aber wird eine grössere Toleranz gegen Alkohol bemerkt, und diese wie die stärkere Evaporation und der höhere Ozongehalt zu den analogen Elementen des See- und Alpenklima gezählt, der höhere Dunstdruck und die gleichförmigere Temperatur des ersteren aber zur Erklärung der hier seltener als auf den Alpen vorkommenden Katarrhe und Pneumonien verwendet.

Die vom Autor weit ausgeführten pathologischen Indicationen des Klima von San Remo verfolge ich nicht ins Detail, beschränke mich vielmehr auf die Erwähnung, dass daselbst lymphatisch-skrophulöse Constitutionen eine günstige Einwirkung erfahren, desgleichen venös-plethorische und schwächlich-anämische, dass katarrha-

lische Reizungszustände gelindert, selbst geheilt werden, ausser wenn der Krankheitsverlauf ein allzustürmischer ist, dass sowohl der zarte kindliche als reducirte senile Organismus Kräftigung und Erholung findet, Genesende aus schweren Krankheiten leichter über das vulnerable Reconvalescenten-Stadium hinüberkommen, ulcerative Processe im Kehlkopf und Lungengewebe schnell heilen, wobei wie auch für einfache Katarrhe der Athmungsorgane bloss der Frühling zu windig und trocknend wird, Bronchialkatarrhe, Blenorrhöen und käsige Infiltrationen gebessert, stationäre Phthisen mit diarrhoischen Complicationen verlangsamt werden, dass rheumatische Dispositionen sich zuweilen ganz verlieren, und dazu in Beziehung stehende Herzleiden meist einen erträglichen Ablauf nehmen, dass endlich Albuminurie gemässigt, die Harnstoffausscheidung vermehrt, hiemit aber das Befinden Gichtkranker in günstigem Sinne beeinflusst wird.

Auf der hinter der Riviera di Ponente im klimatischen Gebrauch zur Zeit zurückstehenden Riviera di Levante findet Thilenius ausser Nervi (dessen Klima, Wien, Braumüller) nur Bogliasco, Pieve di Sori und Sestri der Berücksichtigung werth, während Spezia als Wintercurort eine sehr illusorische Bedeutung habe. Die an erster Stelle aufgeführte Küstenstadt zwischen Genua und Sestri ist gegen N durch den bis zum Gipfel mit Olivenbäumen bewachsenen monte Fasse geschützt, hinter welchem die kahlen Scheitel des m. Moro und Croce herunterschauen. Sind hievon die NWinde abgefangen, so bannt dagegen kalter scharfer trockner NW die Kranken manchmal ins Zimmer; dabei ist es heiter, während SWind Regen bringt, der, jedoch bei milder gleichmässiger Temperatur, in der Hauptsaison von November bis April an circa 54 Tagen, also fast doppelt so oft, als längs der Riviera di Ponente fällt. Die hiemit parallel gehende höhere Luftfeuchtigkeit begünstigt auf dem kalkhaltigen Thonschiefer eine äusserst üppige und frische Vegetation von Citronen, Orangen, Oliven und dem, auch bei San Remo reichlich gepflanzten, hartholzigen, mit ausgebreitetem Wurzelgeflecht dem Boden viel Wasser entziehenden, und so angeblich in Malariaregionen antimiasmatisch wirkenden Eucalyptus Globulus, wozu natürlich die andren gewöhnlichen Gewächse Mittel- und Südeuropas nicht fehlen. Schnee und Nebel kommen höchst selten zum Vorschein. Luftdruck- und Wärmeverhältnisse treten denen der Riviera di Ponente sehr nah, doch soll Nervi etwas kleinere Tagschwankungen haben, dagegen ausnahmsweise unter der erschlaffenden Hitze des Scirocco leiden; unter den Gefrierpunkt sank das Thermometer binnen zehn Jahren nur 4 mal und erreichte im December 1855 ein absolutes minimum von — 2.5° C.

(Zu §. 411. S. 472). — Nach der Grösse der Elevation

stellt H. R. in der Vierteljahrschrift für Klimatologie (1875. I.) folgende deutsche Sommerfrischen zusammen:

1) Harz: Suderode 150 m. Seehöhe, Thale 220, Harzburg und Wernigerode 235, Ilsenburg 238, Lauterberg 280, Grund 308, Alexisbad 315, Andreasberg 556, Clausthal-Zellerfeld 560, Hohengeiss 620, (Wilhelmshöhe 500).

2) Thüringer Wald: Kösen 110, Köstritz 170, Rudolstadt 195, Salzungen 245, Berka 250, Coburg 275, Eisenach 280, Arnstadt und Schmalkalden 290, Thal 310, Liebenstein 315, Ordruff 370, Schleusingen und Tabarz 390, Sonneberg und Katzhütte 400, Friedrichsroda 408, Ruhla 418, Lobenstein 470, Elgersburg und Ilmenau 500, Brotterode 578.

3) Oberfranken und Fichtelgebirg: Berneck 380, Wiesau 520, Alexanderbad 585, Steben 600.

4) Sächsisches Erz- und Elbsandstein-Gebirge: Königsbrunn 156, Schweizermühle 356, Ottenstein 420, Reiboldsgrün 650.

5) Sudeten: Warmbrunn 325, Cudowa 387, Ober-Salzbrunn und Altwasser 394, Charlottenbrunn 400, Flinsberg 528, Görbersdorf 538, Reinerz 560.

6) Taunus: Wiesbaden 105, Weilbach 132, Soden 137, Cronthal 160, Homburg 188, Schwalbach 282.

7) Schwarzwald und Rauhe Alb: Liebenzell 310, Herrenalb 357, Imnau 386, Teinach 397, Freiersbach 402, Boll 405, Petersthal 418, Wildbad 430, Badenweiler 435, Sebastiansweiler 460, Antogast 505, Griesbach 506, Tryberg 580, Rippoldsau 592, Bonndorf und Steinabad 740, St. Blasien 750

8) Bayerische Alpen: Reichenhall 480, Mondsee 492, Chiemsee 512, Ammersee und Starenbergersee 539, Königsee 604, Garmisch 692, Partenkirchen 720, Tegernsee 732, Sonthofen 740, Obersdorf 812, Kreuth 828, Hohenschwangau 880 m. —

(Zu §. 411. S. 474). — Das „Asyl inmitten der reinen Wüstenluft": Hélouan bei Cairo, 20 Kilometer südlicher am rechten Nilufer gegenüber der Eisenbahnstation Bedreschin und den dahinter gestreckten Pyramidenfeldern gelegen, von Dattelbäumen umgeben und mit 33 m. hoch über dem Nil entspringenden Schwefelquellen, deren Wasser gleich schwacher Eibouillon schmeckt, ausgestattet, war hinsichtlich der letzteren vermuthlich schon den Alten bekannt, dann lang vergessen, 1849—54 unter Abbas-Pascha wieder in Erinnerung gebracht, kam aber erst 1868 durch die Arbeiten einer Commission, in welcher Reil hervorragte, in ernstliche Aufnahme. Letzterer bewog nach einigen Stockungen im Kriegsjahr 1870 den Kedive zur Bewilligung einer Versuch-Station, welche am 2. Juli 1871 eröffnet wurde. Nach mehrfachen günstigen Erfolgen

wurden Wasserleitungen und Chausseen angelegt, Plätze und Steine zum Bauen gewährt, Communicationsgelegenheiten geschaffen, und der Privatspeculation überhaupt mancherlei Unterstützungen geboten. Ausser dem an sich angenehmen und meist zuträglichen Winteraufenthalt liegt Helouan sehr günstig für Ausflüge in die östlichen Wüstenthäler, zu den Pyramidenfeldern von Darschour, Saccarah, Abousir und auf die 3 Stunden abliegende Oase Fayoum.

§. 527. (zu §. 412. S. 482). — Muthmasslich die äusserste Höhe, welche bisher Menschen in der Atmosphäre erstiegen, von vielleicht 30000′ wurde bei der von Paris aus am 15. April dieses Jahres stattgehabten Auffarth des Ballon: Zenith erreicht, deren unglücklicher Verlauf mit dem Tode zweier Betheiligten Croce-Spinelli und Sivel endete, so dass nur der dritte: Tissandier einen aus mehrfachen Gründen ziemlich unvollständigen Bericht an die Pariser Academie (unterm 28. April) erstatten konnte. — Die Temperaturverhältnisse wurden bis 7000 m. Erhebung genau verfolgt; man fand am Boden der Erde + 14° C.

am Boden der Erde			+ 14° C.
um 11h	40 min.	1267 m. hoch	+ 8
12	15	3696	+ 2
12	51	4700	0
1	5	5600	— 5
1	20	7000	— 10° C.

Ein im Ballon selber angebrachter Thermometrograph hatte unten: 23°, in einer Höhe von 4600 m. 19°, 5200 m. hoch 24° C. gezeigt, woraus im Vergleich zur Aussenwärme die enorme Steigkraft des Füllgases sich erklärt. — Ueber die Barometerstände, deren Schwankungen zur Höhenbestimmung wie zur Erforschung der wenig bekannten Verbindungsgesetze zwischen den Luftdruckvariationen und den verticalen Erhebungen oder Senkungen besonders wichtig wären, sind die Angaben einigermassen dürftig; kurz vor entschwindendem Bewusstsein wollte Tissandier den Barometerstand von 280 mm. als einer Höhe von 8000 m. entsprechend angeben, vermochte aber seiner Zunge nicht mehr den nöthigen Impuls zum Aussprechen der wohl auch seinen schon tief umnachteten Gefährten unverständlichen Mittheilung verleihen. Die nach einem neuen von Janssen erfundenen, doch bei fraglicher Gelegenheit nicht gut bewährten Princip construirten Barometrographen fanden sich bei der im Laboratorium der Sorbonne von Jamin, Berthelot und Hervé-Mangon vorgenommenen Prüfung trotz sorgfältiger Verpackung in Sägespänen zur Hälfte (3) zerbrochen, während von den drei unversehrt gebliebenen eines in Unordnung gerathen war, das zweite auf eine Maximalhöhe von 8540 m., das letzte auf eine solche von 8600 m. schliessen liess,

ohne dass diese Bestimmungen indess als vollständig zuverlässige gelten können, weil bei dem schon an sich nicht ganz unanfechtbaren Princip der Instrumente die hier gänzlich uncontrollirbare Temperatur grossen Einfluss haben muss; man hat es nämlich mit bis auf 50 cm. abgekürzten Barometerröhren zu thun, die unten zu einer offenen Capillare umgebogen sind, aus welcher das bei gewöhnlichem Luftdruck bis zu dessen Abminderung auf ungefähr $^5/_8$ des Normalwerthes ganz die Röhre erfüllende Quecksilber in der der erreichten Minimalpressung entsprechenden, durch spätere Abwiegung constatirbaren Menge in eine untergestellte Schale ausläuft. — Ein bestimmter Wind wurde nur Einmal in einem zwei „lieues" breiten dichten Strome angetroffen; unbestimmte Bewegungen der Atmosphäre fanden indess bis zur Höhe von 8000 m. durchweg statt. — Hinsichtlich der atmosphärischen Feuchtigkeit umgaben den Ballon bis zu 5000 m. beständig Wolkenschweife, welche bei 7000 m. amphitheatralisch zusammentraten, so dass die feste Erde wie „der Boden einer ungeheuren Walze" aussah; ausserdem erschienen in den oberen Luftschichten zahllose winzige Eissplitterchen, was an die bekannte Erfahrung Barral's und Bixio's bei der Luftfahrt vom 27. Juli 1850 erinnert, wobei in der Höhe 18000′ mit der Temperatur: — 10° C. der das Sonnenbild matt bleichende Nebel in äusserst feine Eisnadeln überging; das meiste Interesse gewährt indess die den Wasserdünsten zugewandte Spectraluntersuchung, welcher man besondre Aufmerksamkeit zugedacht hatte, um die Frage zu entscheiden, ob auf deren Vertheilung die Erde den hauptsächlich massgebenden Einfluss übe, oder ob sie gegen die Sonne gezogen werden; erstren Falles müssten die charakteristischen spectroskopischen Zeichen verschwinden oder doch geschwächt erscheinen, und wirklich erinnert sich Tissandier, dass bei einer Höhe von 5000 m. der mit der Spectralbeobachtung beauftragte Croce gerufen habe: „Keine Wasserdunststrahlen im Spectro mehr!" — Die physiologischen Symptome an den Luftfahrern waren anfangs mässig und bis zu 7000 m., wenn schon mit der Höhe steigend, für das Leben ohne Gefahr. Tissandier's Puls war von 70—80 Schlägen an der Erde bei 4602 m. auf 110, die Zahl seiner Athemzüge von der zwischen 19 und 23 schwankenden Norm bei 5300 m. auf 26 in der Minute gestiegen, während in letzterer Höhe Croce statt wie gewöhnlich 74—85 Pulsschlägen 120, Sivel statt 76—86: 115 gezeigt haben soll. Von 6500 m. ab fühlten sich Letztere unwohl und erschienen sehr blass; auch Tissandier erschlaffte allmälig bis zu vollkommener Gleichgiltigkeit gegen Leiden wie Gefahr, erholte sich zwar nach Einathmung von 65 prc. Sauerstoff haltender Luft aus einem Reserveschlauch, fiel aber um $1^1/_2$ Uhr in eine Ohnmacht, aus welcher er

erst nach einer Stunde erwachte; er fand bei heftigem von Unten nach Oben blasendem Winde den Ballon sinkend, worauf in offenbarer doppelt verhängnissvoller Verwirrung Croce den 17 Kilogramm schweren Einathmungsapparat über Bord warf, ohne dass das Seil der Luftklappe rechtzeitig wäre angezogen worden; jener stieg deshalb pfeilschnell wieder in die Höhe; Tissandier verlor zum zweitenmal das Bewusstsein und fand, um $3^{1}/_{2}$ Uhr erwachend seine beiden Gefährten todt, wie er meint, in Folge von Erstickung durch die zweimalige unvermittelte Versetzung in übermässig dünne trockne Luft, vor deren extrem schlimmster Einwirkung ihn selbst sein lymphatisches Temperament und die tiefere Ohnmacht gerettet habe. Da eine Obduction der Leichen unterblieb und der wahre Ablauf aller Erscheinungen bei der mehrmaligen Bewusstlosigkeit des Berichterstatters selber sich nicht klar übersehen lässt, bleibt die Modalität des direct tödtenden, jedenfalls auch complicirten Einflusses dahingestellt; man könnte unter Anderm an Alterationen des capillaren Gasaustausches denken, oder an Modificationen der cerebralen Beziehungen der Atmosphärenpressung. Nach James Cappie kann allerdings kein directer Druck von Aussen auf das Hirn wirken, weil dessen Schädelhüllen festen unveränderlichen Widerstand leisten, wohl aber werde der auf die Körperoberfläche geübte Atmosphärendruck durch die Blutgefässe ins Innere der Schädelhöhle übertragen, woselbst die absolute Anfüllung derselben und die Volumengleichheit der ein- und austretenden Flüssigkeiten regulatorisch wirken. Natürlich verhüten die nämlichen Momente, welche die Entleerung des Schädels hindern, auch dessen Ueberfüllung; der schwankende Luftdruck aber corrigirt sich selber, indem er dem arteriellen Blutlauf ebenso förderlich, als für den venösen hemmend ist. Im Uebrigen werden die Differenzen der in der Hirnsubstanz selber fast rein capillaren Circulation vornehmlich den molekularmechanischen Wechselwirkungen des Blutes und Gewebsaftes zugeschrieben; so oft eine lebhaftere Diosmose zwischen beiden statthat, beschleunigt sich der Blutlauf und wächst der Druck in den Hirncapillaren, wie umgekehrt; bei Erschlaffung der capillaren Kräfte aber wird der Seitendruck und das Blutvolum in den Venen der pia mater grösser, welche durch Zahl und vielfach geschlängelten Verlauf eine ungefährliche Turgescenzsteigerung gestatten. Nicht die Menge, sondern die Vertheilung des Blutes also unterliegt im Gehirn häufigen und beträchtlichen Modificationen, an denen grössere Schwankungen des Luftdruckes die Schuld tragen können und welche an einem so zart gebauten und so fein functionirenden Organ, wie die Centralnervenmasse, von den wichtigsten vitalen Folgen sein mögen. — Im weiteren Verlauf der obigen Ascensionsangelegenheit verdient noch Gaston

Tissandier's Ansicht Registrirung, dass rechtzeitige und energische Einathmung von Sauerstoff die traurige Katastrophe verhütet oder wenigstens jene Schlafsucht, Apathie, und, man möchte fast sagen, psychische Alienation hintangehalten hätte, welche in der sonst unbegreiflichen Fortschläuderung des kostbarsten Erfrischungsapparates und in der Unterlassung nothwendiger Massregeln zu den enorm schnellen Standesvariationen des Ballon führten, deren Plötzlichkeit und Wiederholung allerdings hauptsächlich anzuklagen sein wird. Es scheint deshalb der angeschlossene Vorschlag beherzigenswerth, bei ähnlichen Unternehmungen eine in Bergwerken übliche Vorrichtung zur Zwangsinspiration oxygenreicher Luft in Bereitschaft zu halten, wie die Warnung, solche über die die gefährlichste Region eröffnende Linie von etwa einer geographischen Meile Verticalerhebung auszudehnen, jenseit welcher ohnedem die zwischen 6000 und 7000 m. Höhe gesammelten Erfahrungen keine so schätzbare Bereicherung erfahren dürften, um Männer der Wissenschaft einem Martyrium auszusetzen. —

(Zu §. 412. S. 491). — Insofern die heilbringende Luft der Steppencurorte, welche wie wohl auch manch andre in ihren klimatischen Eigenthümlichkeiten einer den massgebenden Momenten zugewandten Betrachtung gerade nichts sonderlich Vortreffliches darbieten, wegen ihrer ausnehmenden Reinheit belobt wird, kann darunter doch nur entweder die Abwesenheit übelriechender, reizender, miasmatischer Nebenbestandtheile oder eine hygienisch günstige Normalzusammensetzung gemeint sein, deren differentielles Verhalten bei Anerkennung einer unverbrüchlichen atmosphärischen Constanz der Mischung räthselhaft erscheinen muss. Indess wenn man auch diese den Procenten der Elemente nach aufrecht erhält, erleidet doch mit der Wärme, Feuchtigkeit und Dichte eines bestimmten Luftvolum das quantitative Verhältniss des Sauerstoffes Veränderungen, welche Staatsrath D. Ucke in Samara als einflussreich betrachtet auf die pathologische Disposition, den Krankheitscharakter und die herrschende Morbilität. — In der Regel zwar wird der Ruf eines klimatischen Curortes durch die Seltenheit gewisser Krankheiten und das milde Klima begründet, das sich in mässig warmer Temperatur, kleinen Tages- und Jahresschwankungen derselben, Schutz vor rauhen Winden oder Geringfügigkeit der letzteren ausspricht; aber manchmal fehlt die gelinde Meteoration, wie gerade am Wohnort unsres Autor, wo der Sommer heiss, der Winter kalt, die Temperaturamplitude gross und die frischströmende Steppenluft oft rauh ist, während doch Respirationsleiden und insbesondere Lungenschwindsucht zu den sel-

tenen Erscheinungen gehören. Nicht zur ausschliesslichen Erklärung dieser charakteristischen Thatsache, doch als Beitrag hiezu, zugleich aber unter Hereinziehung von 17 andren Beobachtungsorten mit versuchter Verallgemeinerung der Resultate berechnet Ucke das in v cub.cm. Luft enthaltene Grammengewicht Sauerstoffes nach der Formel $\frac{v(b-e)1.10563\times0.21}{760\times773.5(1+0.003665t)}$ worin b den localen Barometerstand, e die Spannung des Wasserdampfes in mm., 1.10563 das specifische Gewicht des Sauerstoffes, 0.21 dessen atmosphärischen Gehalt in Bezug auf 1, 760 den mittleren Luftdruck am Meeresspiegel, $\frac{1}{773.5}$ das Gewicht eines cub.cm. Luft in gr., 0.003665 den thermalen Ausdehnungscoëfficienten der Luft für 1° C., t die zeitliche Temperatur bedeutet. Zwölf Städte mittlerer Breite, worunter Berlin, London, Petersburg hervortreten, Peissenberg als Höhenort, Sitcha als Repräsentant eines feuchtkühlen Klima, aus der heissen Zone drei ostindische Plätze liefern das Vergleichungsmaterial, zu welchem auffallender und bedauerlicher Weise die berühmtesten Curorte so gut wie nichts Verwerthbares beitrugen. Als fundamentale Massgrössen in der Untersuchung gelten: der menschliche Athemzug von 500 cub.cm., die Respirationszahl 14 in der Minute, oder 20160 im Tag, die mittlere Monatlänge von 30.42 Tagen, das als Durchschnittswerth der 17 Stationen einem normal athmenden Menschen in der Atmosphäre gebotene Sauerstoffquantum von 1031.9 kgr., wovon auf den Frühling 257.9 (25 prc.), Sommer 247.5 (24), Herbst 257.7 (25), Winter 268.8 (26) treffen, nach den einzelnen Monaten aber im Januar 90.2, Februar 89.3, März 88.1, April 85.8, Mai 84.0, Juni 82.7, Juli 82.2, August 82.6, September 84.1, October 85.8, November 87.8, December 89.3. — In diesen Mittelzahlen ist die Zunahme vom Juliminimum zum Januarmaximum und umgekehrt höchst regelmässig, wobei die jahreszeitliche Variation der Oxygenmenge 1 prc. beträgt, was bei den geringen Einzelabweichungen voraussichtlich auch unter Berücksichtigung von mehr Punkten nicht viel alterirt würde. Beispielsweise fällt auf Seringapatam eine grössere Zahl in den Frühling, als Sommer, in Sitcha ist das minimum vom Juli auf den August verschoben, London und Madras besitzen ein zweimonatliches minimum im Spät- und Früh-Sommer. Versucht man die benützten Orte in Gruppen zu ordnen, so zeichnen sich die tropischen Plätze: Nasirabad, Madras, Seringapatam durch sehr kleinen Sauerstoffgehalt der Luft aus; in diesem Sinne nähert sich ihnen Peissenberg, aber in seiner relativen Oxygenarmuth durch eine andre Ursache bestimmt, nämlich durch die hohe Lage, während dort die thermische Auflockerung massgebend ist. Eine dritte besondre Stelle nimmt das

feuchtkühle Sitcha mit grosser Constanz einer nicht unbeträchtlichen Sauerstoffmenge ein. An den übrigen, im Ganzen zusammengehörigen, Städten bemerkt man eine allmälige Abnahme des Oxygenquantums von E gegen W hin. Absolut genommen beträgt die Jahresquantität des atmosphärischen Sauerstoffes zu Samara und Petersburg 1084.6 kgr., in Sitcha 1068.1, Berlin 1055.0, London 1048.3, Wien 1033.4, auf dem Peissenberg 950.8, und in Indien 940.9 k., wobei jedoch nach einer redactionellen Bemerkung (östreh. metrlg. Zeitschrift, 1875, III.) ein zu hohes Barometerjahresmittel für Samara in die Rechnung aufgenommen ist. Aus Allem geht hervor, dass die Atmosphäre um so weniger Sauerstoff enthält, je verdünnter, wärmer und feuchter sie ist, und lassen sich die einfachen oder modificirten und complicirten Localeffecte dieser Momente stets nachweisen und principiell nach Sammlung genügenden Materiales auch in Zahlen feststellen.

Den Umfang der Schwankungen, denen der Sauerstoff nicht in der geographischen Verbreitung, sondern am nämlichen Orte unterworfen ist, erfährt man durch Aufsuchung der localen Abweichung vom Mittel für einen bestimmten Zeitabschnitt im positiven und negativen Sinne. Für zwölf europäische und sibirische Orte von gemässigten Verhältnissen betragen die monatlichen Procentabweichungen der dargebotenen Sauerstoffmenge, im Januar 2.9, Februar 2.8, März 2.4, April 1.6, Mai 1.2, Juni 1.2, Juli 1.3, August 1.0, September 1.4, October 1.7, November 2.2, December 2.8; dagegen unter Einrechnung der extrem qualificirten Plätze beziehentlich: 4.7, 4.8, 4.6, 4.4, 3.8, 3.3, 3.0, 3.0, 3.7, 4.0, 4.3, 4.6 prc. — Im Jahreslauf erhebt sich demnach der Werth vom Sommer ziemlich regelmässig zum Winter und geht ebenso wieder zurück. Eine positive Abweichung kommt bloss den östlichsten Punkten zu, im Westen Europas bleibt die Sauerstoffmenge durchschnittlich unter dem Mittel. Die jahreszeitlichen Schwankungen des atmosphärischen Sauerstoffgehaltes sind wenigstens an extrem charakterisirten Orten, wie Samara und Seringapatam bedeutend und betragen im Sommer 11.4, im Herbst 17.8, im Winter 23.4, im Frühling 19.8 prc., während in Mitteleuropa die localen Abweichungen fast verschwinden, so dass ein dort auf die vom Oxygen abhängige organische Oeconomie sicher höchst einflussreicher Aufenthaltwechsel hier von untergeordneten Folgen sein dürfte. Sauerstoffmengen über dem Mittel durch alle Jahreszeiten hindurch mit Ausnahme der übrigens auch nur wenig abweichenden Sommerwerthe besitzen Samara und Petersburg; Berlin und London dagegen gerade in der erwähnten Jahreszeit wegen hohen Barometerstandes. Der grösste Theil von Westeuropa liegt demnach auch nach der die Jahreszeiten in den Vordergrund stellenden Betrachtung in der Region des verminderten

Sauerstoffgehaltes. Die Vergleichung Samaras, des Repräsentanten der Oxygenmaxima mit den aus den Stuttgarter, Wiener und Prager Beobachtungen gewonnenen Mittelwerthen ergibt für den

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
dort:	+ 4.0	+ 1.3	+ 3.7	+ 6.0
hier:	— 2.7	— 1.3	— 2.3	— 3.0
Differenz:	6.7	2.6	6.0	9.0. —

Wird der durchschnittliche Oxygenwerth des Jahres mit 100 bezeichnet, so findet man als die aus der Zusammenfassung sämmtlicher Beobachtungsorte berechnete Mittelabweichung im Frühling: 100, Sommer 96, Herbst 100, Winter 103, und bei Beschränkung auf den europäisch-asiatischen Continent beziehlich: 100, 95, 100, 104. In beiden Fällen stimmen also die Sauerstoffverhältnisse der Uebergangsjahreszeiten mit dem Jahresdurchschnitt überein, aber der Unterschied zwischen Sommer und Winter macht im letzteren Falle um 2 pre. mehr aus und steigt sogar auf 11 pre. für die Extreme im Juli und Januar. Die monatlichen Oxygenprocente aller 17 Beobachtungsorte sind in folgenden Zahlen gegeben, neben denen eingeklammert die entsprechenden Werthe der 12 europäisch-asiatischen Plätze stehen; Januar: 104 (105), Februar: 103 (101), März: 102 (103), April: 99 (99), Mai: 97 (97), Juni: 96 (95), Juli: 95 (94), August: 96 (95), September: 97 (97), October: 99 (99), November: 101 (102), December: 103 (104). Die nach der Grösse der atmosphärilen Sauerstoffschwankungen geordnete Reihe der 17 Stationen ergibt, dass an der Spitze mit den kleinsten Unterschieden Seringapatam steht, hochgelegen, vom Meere stark beeinflusst, tropischen Charakters (Procentualdifferenz für Januar und Juli: 2), dann folgt Madras (3); Sitcha (4) kalt und feucht; London (6) mit See-, Peissenberg (6) mit Berg-Klima; Brüssel (6); Berlin (7); Stuttgart (8); Nasirabad (8) tropisch, von continentaler Meteorisation; Prag (9); Wien (9); Warschau (9); Petersburg (11); Lugau (14); Jekatherinenburg (15); Samara (15); Barnaul (19). Im Allgemeinen steigen zwar die Unterschiede, je tiefer die Mitteltemperatur wird; doch ist die Wärme allein nicht massgebend, denn die vier ersten Orte von so abweichenden Temperaturverhältnissen stimmen ziemlich in der Geringfügigkeit der Oxygendifferenzen des Jahres überein. Nähe des Meeres und verticale Höhenlage drücken in hohem Grade die Jahresschwankungen herab, wie Seringapatam und Peissenberg zeigen, in entgegengesetztem Sinne das im Tropencharakter dem ersteren gleiche, aber continental gelegene Nasirabad. Dieser die jährlichen oder eigentlich monatlichen Unterschiede des atmosphärischen Sauerstoffgehaltes vermehrende Einfluss der Binnenlage zeigt sich auch in dessen Steigerung gegen E. —

Unzweifelhaft verdienen derartige Untersuchungen des variablen Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre eine möglichst häufige Wiederholung und weite Verbreitung, aber bei Abwägung des meteorologisch-medicinischen Werthes ihrer Resultate wird nicht zu vergessen sein, dass die natürlichen Bedingungen der letzteren mit ihren dafür massgebenden Schwankungen an sich schon den Organismus in sehr verschiedener und wechselnder Weise beeinflussen, demnach die Gesammteinwirkung auf ihn auch hier höchst complicirt erscheint. —

§. 528. (zu §. 426). — Die klimatische Eintheilung der Erdoberfläche von vorwiegend botanischem Gesichtpunkt aus ist sowohl in Betracht der Pflanzen selber gerechtfertigt, welche den landschaftlichen Charakter bestimmen und, sporadisch allerdings unter höchst verschiedenartigen Verhältnissen auftretend, für ihre Ton angebende Massenerscheinung und vollkommene Entwicklung bestimmte meteorische Einwirkungen voraussetzen, als auch wegen ihrer engen Beziehung zu Ernährung wie Wohlergehen von Menschen und Thieren. In diesem Sinne macht Grisebach's Geobotanik folgende Unterscheidungen:

1) Das arktische Klima, in welchem die Sommerwärme eine grössere Constanz besitzt, als die Winterkälte, und die Lage einen bedeutenden Einfluss auf den Pflanzenwuchs übt. — 2) Das östliche Continental-Waldgebiet mit scharf entwickelten Höhenstufen. — 3) Das Mittelmeergebiet, wo auf den regenlosen Sommer ein milder Winter folgt, welcher eine immergrüne Vegetation gestattet. — 4) Die Steppe, mit heissen Sommern, strengen Wintern, kurzem Frühling und Herbst. — 5) China und Japan mit einem höchst sicheren Gang der Witterung und namentlich sehr regelmässigen Niederschlägen, was natürlich der Cultur und Einheimsung der Nutzpflanzen nur förderlich sein kann. — 6) Das indische Monsungebiet, mit Solstitial- und Elevationsregen. — 7) Die Sahara, deren heisser, trockner, steriler Charakter durch den constanten NE verbürgt ist. — 8) Sudan, mit einer regulären Regenzeit. — 9) Die Kalahari-Wüste, in der im Sommer es zuweilen, doch zu selten regnet, um eine dauernde Vegetation hervorzulocken. — 10) Das Cap der guten Hoffnung, dessen meteorische und geologische Eigenschaften an einzelnen Stellen den Weinbau höchlich begünstigen. — 11) Australien mit vorwaltend die Witterung bestimmenden Passatwinden. — 12) Das nordamerikanische Waldgebiet, relativ kälter und trockener als das analoge Gebiet der alten Welt. — 13) Die Prärien, charakterisirt durch Regen im Frühling, Hitze im Sommer, ebenso excessive Kälte im Winter und einen verhältnissmässig angenehmen Herbst. — 14) Kalifornien, mit milden kurzen Wintern, regenfreien Sommern, und einem vom SE regulirten sicheren, dem organischen Leben

höchst erspriesslichen, Wechsel von trockner und nasser Witterung. — 15) Mexiko, in weiten Strichen als dürr bezeichnet. — 16) Westindien, von bekannter Ueppigkeit und Köstlichkeit der vegetabilen Producte. — 17) Südamerika, an den Küsten unter der vorwaltenden Herrschaft der Seewinde. — 18) Hyläa, mit Luft ansaugendem Wärmecentrum. — 19) Brasilien, grossentheils der SE-Passatzone anheimfallend. — 20) Die tropischen Anden, auf der pacifischen Seite trocken, aber mit den winterlichen Nebeln: Garuas ausgestattet, auf der östlichen wasser- und pflanzenreich. — 21) Die Pampas, grasreich, mit milden Wintern, doch wegen starker Ausstrahlung kalten Nächten, nur Gewitterregen kennend. — 22) Chile; stets wolkig, den Uebergang vom tropischen zum arktischen Seeklima bildend. — 23) das antarktische Waldgebiet, durch grosse Feuchtigkeit ausgezeichnet. — 24) Die oceanischen Inseln, von besonders lieblichem gleichmässigem Klima.

§. 529. (zu §. 457). — In der zweiten Märznummer 1857 der österreich. metrlg. Zeitschrift gibt einer ihrer Herausgeber: Dr. J. Hann Ansichten über die Beziehungen zwischen Luftdruckdifferenzen und Windgeschwindigkeit nach den Theorien von Colding und Ferrel kund, welche höchst wichtig erscheinen für die Erklärung der Stürme, in deren Geschichte zwei Hauptanschauungen herrschend hervortreten, wovon die ältere vom mechanischen Conflict verschiedener Luftströmungen ausgeht und das centrale Luftdruckminimum von der bei den Rotationen der Luftmassen befreiten Fliehkraft herleitet. Ein Vertreter der mechanischen Theorie, W. C. Wittwer in Regensburg, glaubt deren Aufstellung in seiner physikalischen Geographie (Leipzig 1855) durch Lommel's Erklärung über die Umbiegung der Cyklonenbahnen beim Austritt aus der Passatregion durch die Veränderlichkeit der Winde und die Ungleichmässigkeit der Lufttemperatur in der gemässigten Zone wenig berührt, weil, was im Allgemeinen gewiss Niemand bestreitet, eine Erscheinung nicht bloss von Einer Ursache, sondern vom Zusammenwirken mehrerer bedingt sein kann. Wittwer fasst die Luftbewegungen nach dem Schema der Wasserströmungen auf, deren unter Geschwindigkeitsdifferenzen stattfindende Durchkreuzungen einen je nach den gegebenen dynamischen Werthen mehr oder weniger grossen Verlust von lebendiger Kraft veranlassen, welche zu Temperaturerhöhungen und Arbeitsleistungen verwendet wird; eine der letzteren führt zu den trichterförmigen Vertiefungen, an denen die rotirenden Theilchen durch die abwärts ziehende Schwere in immer enger werdende Spiralbahnen gedrängt werden. Jeder Trichter ist beständig in Bildung, Vernichtung und möglicher Weise

auch Weiterwanderung der nirgend wo stabilen Form begriffen, in welch letztrem Falle die Richtung von denen der Componenten abhängt. — Lässt man in der Atmosphäre Dichtigkeitsdifferenzen an Stelle der Niveauverschiedenheiten des Wassers treten, so ergibt sich eine Entstehung und Fortschreitung der Stürme, denen wenigstens die mechanische Möglichkeit nicht abgesprochen werden soll. In der Nähe der Calmen, wo die Richtung der Passate nahe senkrecht zu einander geht, also die grösste Analogie mit den die Trichterwirbel erzeugenden Wasserströmen existirt, liegt bekanntlich die Geburtstätte der meisten Cyklonen. In der Regel „geht die eine der Componirenden nahezu von E nach W, die andre von S nach N, und die Resultirende geht nach NW. Nach und nach nimmt die nach W gerichtete Componente der Polarströmung ab, während die Aequatorialströmung eine östliche Componirende bekommt und wenn die zwei den Breiten parallelen Componirenden sich gleich sind, bleibt noch die Differenz nach der Meridianrichtung übrig; die Wirbelachse geht nach N. Im weiteren Verlaufe nimmt die westliche Componirende der Polarströmung mehr und mehr ab, die östliche des Antipassat wächst und die Achse des Wirbel bekommt eine immer mehr östliche Richtung.“ Doch kommen auch andre Directionen der Componenten und hiemit des Cyklonenverlaufes vor. Auf der Südhemisphäre ist in der Curve der Orkanachse N und S gegen die Nordhalbkugel vertauscht. Die gewöhnliche Drehung des Wirbel deutet auf das Einbrechen des Antipassat in den Passat, welch ersterer daher meist stärker ist, was auch im östlich gerichteten Aste der Orkanachsencurve zu Tag tritt. Unter der Achse des Trichters ist das beträchtlichste Sinken des Luftdruckes, wie im Wasser eines etwa eingesetzten Manometer zu erwarten, wobei die Schiffsbeobachtungen wegen der Eigenbewegung des Fahrzeuges zu um so grösserer Auseinanderziehung der Curven führen, je näher dasselbe der Achse sich befindet. —

Die neuere Sturmtheorie, von Hann die physikalische genannt, hält die örtliche Entstehung einer Luftdruckverminderung für die wesentliche Ursache der allseitigen Luftzuströmung und der unter Mitwirkung der Erdrotation entstehenden Wirbel; das Barometerminimum selbst aber wird als Folge einer ausgedehnten Wasserdampfverdichtung in der Atmosphäre betrachtet, indem über dem Condensationsraum die mit der Aggregirungsmodification befreite Wärme die Luft auflockert. So gut begründet in theoretischer Hinsicht diese vornehmlich von Reye vertretene Ansicht erscheint, begegnet sie doch dem Bedenken, ob factisch hiemit die atmosphärische Pressung beträchtlich genug herabgesetzt werde, um die bekannten grossen mechanischen Folgen zu erklären, welche doch in den mit ungeheuren Regengüssen ausgestatteten Calmen meist so völlig fehlen, dass von

allenfallsigen irregulären Schwankungen des Luftdruckes nicht einmal dessen höchstens 3 mm. betragende Tagesperiode beeinträchtigt wird. Wenn nun im thatsächlichen Sturmverlauf Pressungsdifferenzen von 10—15fach grösserem Werth auftreten, dürften diese schwerlich von atmosphärilen Wassergasverdichtungen hergeleitet, sondern besser aus dazu durchaus leistungsfähigen Luftbewegungen erklärt werden. Indem Hann diese letztere Auffassung nicht als die einzig richtige, doch als die meistentheils zutreffende bezüglich der localen Luftdruckdifferenzen hinstellt, ist die mechanische und physikalische Theorie der Stürme in eine Verbindung gebracht, welche voraussichtlich den Thatsachen mehr entsprechen wird, als eine von jenen für sich allein. Der ersteren gelingt zwar leicht die Wirbelentstehung aus zusammenstossenden Luftströmen wahrscheinlich zu machen, kaum aber eine Verständigung über die constanten Drehungsrichtungen der Cyklonen von rechts nach links auf der nördlichen, umgekehrt auf der südlichen Halbkugel, und noch weniger eine Erklärung der unter Anregung immer neuer Luftmassen und Bewältigung ungeheurer Reibungswiderstände weiten räumlichen Erstreckung der Sturmbahn, für die an allen Punkten eine neue Coincidenz von nach Stärke und Richtung genügenden Windcomponenten anzunehmen, Hann mit Recht für ein reines Phantasiespiel hält. — Die zweite Theorie dagegen begründet ganz befriedigend Entstehung, Erhaltung und Verlauf der Wirbelbewegung im Einfluss der Erdrotation auf die einem Druckminimum zufliessende Luft und gibt auch für die Regenerirung der Kraft längs der fortschreitenden Cyklone eine wenigstens an sich richtige physikalische Vorstellung in der successive eintretenden Condensation des längs des Luftweges verfügbaren Wasserdampfes — nur dass die in den entscheidenden Momenten befreite, zuvor latente Kraft in vielen Fällen für den mechanischen Effect nicht ausreicht. Eben die letztere Schwierigkeit dürfte nun eine gründliche Erledigung finden, wenn die zu radical beseitigten rein mechanischen Factoren der Fliehkraft und terrestrischen Achsendrehung in ihre Rechte eingesetzt werden. — Ferrel in Washington sprach in dieser Hinsicht schon 1861 eine Ansicht aus (Silliman's american Journal), welche er später in Betrachtung einzelner Fälle zu einer mathematischen Berechnung der bei Stürmen beobachteten Luftdruckdifferenzen aus gegebenen Werthen der Fliehkraft und Erdrotation specialisirte. Eine andre mathematische Untersuchung über die Strömungs- und Druckverhältnisse der Luft verdanken wir Colding in Kopenhagen, welcher unter der Annahme der tropischen Cyklonen als ächter Wirbel der um eine Verticalachse kreisenden Luft die vom Centrum gegen den Rand statthabenden Druckunterschiede in mit der Erfahrung genau übereinstimmenden Werthen berechnete. Die Sturmwirbel der gemässigten Regionen sind unvollkommen, indem die Luft in Spiral-

touren der Mitte zustrebt, womit natürlich die Bethätigung einer auf jeglicher Bahnstrecke von Krümmungsradius und Geschwindigkeit abhängigen Fliehkraft nicht ausgeschlossen ist. Ihren den Luftdruck an der Erdoberfläche von der Peripherie gegen das Centrum des Sturmfeldes hin vermindernden Einfluss verstärkt die Erdrotation in mächtiger, den Barometerminimis ein weites Areal bereitender Weise und nach einem Schema, das Hann folgendermassen beschreibt. „Nehmen wir an, ein SW-Sturm erstrecke sich von Nordschottland bis an den Fuss der Alpen, also durch 10 Breitegrade, wie dies ja öfter der Fall ist. Die Geschwindigkeit desselben in einiger Entfernung von der Erdoberfläche wird man mit 30 Meter in der Secunde eben nicht ausserordentlich gross setzen. Auf diesen Luftstrom wird die Erdrotation ihre Wirkung ausüben und unter dem gleichzeitigen Einfluss der Schwere wie der Ablenkung nach rechts in Folge der ersteren werden die Niveauflächen gleichen Drucks nicht mehr parallel zur Erdoberfläche verlaufen können, sondern sie müssen nach SE hin ansteigen. Bezeichnen wir mit n die Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation ($2\pi : 86164$), so ist die scheinbare Ablenkung nach rechts, welche ein bewegtes Theilchen erleidet, in der geographischen Breite $\varphi = n \sin \varphi$, die lineare Ablenkung also $n . \sin \varphi . v$, wenn v der in der Zeiteinheit zurückgelegte Weg, die Beschleunigung somit $2n . \sin \varphi . v$. Bezeichnen wir mit h die Grösse des Ansteigens der Niveauflächen für die Breite b des Luftstromes, mit g die Beschleunigung der Schwere, so muss die Gleichung bestehen $g . \frac{h}{b} = 2n . \sin \varphi . v$ und $h = \frac{2n \sin \varphi . v . b}{g}$. Aus dieser Gleichung, welche zur Berechnung der Wasserstauung am rechten Ufer der Flüsse in Folge der Erdrotation schon Anwendung gefunden hat, die aber auch für Luftströme dieselbe Geltung haben muss (sofern nicht die in Gasen gegenüber den tropfbaren Flüssigkeiten unvergleichlich grösseren Dichteveränderungen und damit zusammenhängenden Temperaturdifferenzen Modificationen erheischen?) lässt sich das Ansteigen der Niveauflächen von NW nach SE in unsrem Luftstrom berechnen. Setzen wir für φ den mittleren Werth 53^0, für b 1113 Kilometer, so wird $h = 396.5$ m. Die Flächen gleichen Drucks erheben sich also von NW nach SE um 396 m., was einer Druckdifferenz von 37.7 mm. Quecksilberhöhe entspricht. In unsrem Fall muss also bloss in Folge der Wirkung der Erdrotation auf den SW-Sturm der Luftdruck um 38 mm. vom Nordfuss der Alpen gegen Nordschottland hin abnehmen. — Die Erdrotation bewirkt, dass eine Luftströmung stets eine Druckverminderung zu ihrer linken Seite auf der nördlichen Hemisphäre haben muss.' Aber diese Druckdifferenz entspricht einem Gleichgewichtzustand so lang die Bewegung der Luft oder die Grösse v die-

selbe bleibt. Es gibt also Barometerdepressionen und sog. Gradienten, und zwar sehr grosse, welche die Folge einer Luftströmung sind, durch diese selbst erst hervorgerufen werden. Diese Luftdruckverringerung an der Oberfläche wird noch vergrössert, wenn die Luft nicht in geradlinigen, sondern krummen Bahnen sich bewegt, weil dann auch noch die gewöhnliche Fliehkraft zur Wirkung kommt. Bekanntlich ist es jetzt üblich, die auf eine bestimmte Einheit der Entfernung bezogene Luftdruckdifferenz den barometrischen Gradienten zu nennen, und die Praxis der Sturmwarnungen schliesst aus der Grösse des Gradienten auf die Heftigkeit des eintretenden Windes. Wir haben jetzt gezeigt, dass der grösste Theil eines beobachteten Gradienten nicht die Ursache, sondern Wirkung der Windheftigkeit ist.“ — Wie in einem ruhenden Bassin rotirendes Wasser durch die Centrifugalkraft von der Mitte gegen den Rand verschoben wird und demnach eine flach trichterförmige Oberfläche annimmt, unter welcher der Druck von der Peripherie gegen das Centrum fällt, so verhält es sich mit einer Cyklone von so geringer Erstreckung, dass die Krümmung der Erdoberfläche vernachlässigt werden darf. —

Die Durchrechnung von Beispielen zur Bestätigung der theoretischen Annahmen kann hier wegbleiben; doch ist in Consequenz davon wie sonst fortgesetzter Forschungen zu erwähnen, dass bei den gewöhnlich über grosse Flächen verbreiteten Stürmen der gemässigten Zone, in denen das maximum der Windgeschwindigkeit nicht mit dem minimum des Barometerstandes zusammenzufallen pflegt, die Wirkung der Fliehkraft vernachlässigt werden darf, indem die Depressionen des Luftdruckes grösstentheils vom Einfluss der Erdrotation auf die bewegte Luft abhängen; dass dagegen in den, dem gleichzeitig betroffenen Areal nach beschränkten, aber hier desto intensiveren tropischen Cyklonen umgekehrt der barometrische Effect der Schwungkraft den der irdischen Achsendrehung so bedeutend übertrifft, dass letztere so gut wie ausser Betracht bleiben kann. —

Die der theoretischen Vereinfachung nicht ganz entsprechenden wirklichen Naturverhältnisse, besonders die spiralförmige Zuströmung der Luft und die Mitwirkung des Reibungswiderstandes, hat Ferrel nicht unterlassen in seine Berechnung aufzunehmen, deren desfallsige Resultate, wenn man ihnen nach Hann's Ansicht auch nicht unbedingt beipflichten kann, immerhin der Beachtung werth sind. — Bezeichnet $b—b'$ die in Quecksilber vom specifischen Gewicht s gegebene Differenz des Luftdruckes für die Einheit der horizontalen Entfernung senkrecht zu einer Isobare, $\triangle B$ aber den Gradienten für den Abstand l, so ist $b—b' = \frac{\triangle B}{l}$ und $(b—b')s =$

$\frac{\delta}{g}\, rw^2 = \frac{\delta}{g}(2n \sin\varphi + u)v$, worin δ das specifische Gewicht der Luft, g die Beschleunigung der Schwere, r den Krümmungsradius der Bahn, w die Winkelgeschwindigkeit der Lufttheilchen, n diejenige eines rotirenden Punktes der Erdoberfläche, φ die geographische Breite, u die Winkelgeschwindigkeit eines Cyklonenpunktes bei ruhend gedachter Erde, v die Lineargeschwindigkeit bedeutet. Bei spiraliger Ein- und Ausströmung der Luft innerhalb der in Wirklichkeit nicht mehr streng mit Einem Rotationscentrum ausgestatteten Cyklone ist ein besondres Mass des Bewegungswiderstandes F beizufügen und ausserdem zu berücksichtigen, dass statt der vollen Schwungkraft jetzt deren zur Tangente normale Componente wegfällt, die der tangentialen Richtung selber aber wirksam ist; indem diese für i als Winkel zwischen der factischen Bewegungsrichtung und der Tangente den Werth v.cos.i hat, wird

$$\triangle B = \frac{\delta}{s} \cdot \frac{1}{g}\,(2n \sin\varphi + u)\, v . \cos i + F. \text{ —}$$

Ich glaube nicht, dass es hier von Nutzen ist, diese Gleichung, wie einen für den, natürlich an der Erdoberfläche maximalen, oben zwischen stärker und schwächer bewegten Luftschichten schnell abnehmenden Reibungswiderstand F aufgestellten Ausdruck $\frac{2n.\sin\varphi + 2u}{v.\cos.i}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2$ weiter zu discutiren, sondern begnüge mich mit der Angabe, dass Ley's Beobachtungen über die isobarischen Windinclinationen mit Ferrel's theoretischen Schlussfolgerungen im Wesentlichen harmoniren; danach besitzt der Winkel i einen grösseren Werth im Innern Englands als an den Meeresküsten und in den oberen Luftregionen; die grösste Inclination zeigen ESE-, die kleinste WNW-Winde, wenn die mittlere Richtung der Cyklone von SW nach NE ging; die hiemit im vordren Theil der Cyklone, wo bis dahin ruhende Luft gerade in Bewegung versetzt wird, maximal befundene Inclination darf indess so lang nicht als allgemein gesetzlich erachtet werden, bevor nicht Loomis' Mittheilung, dass die grössere Inclination an der Rückseite amerikanischer Stürme liege, Aufklärung fand; im Landesinnern haben die heftigeren Winde eine kleinere aber constantere Inclination gegen die Isobare, als die schwachen; die Passatwinde endlich zeigen in der mittleren Breite von 20° eine viel grössere isobarische Inclination (bis 45°) als solche an englischen Küstenorten vorkommt. — Buys-Ballot's empirisches Gesetz über den Zusammenhang der Gradientengrösse und Windstärke hält Ferrel durch seine Darstellung an Allgemeinheit übertroffen. Da auf letztere die geographische Breite in umgekehrter Proportionalität einen wenigstens in grösserem Abstand vom Cyklonencentrum

merklichen Einfluss hat, ist für den nämlichen Werth des Gradienten in den Tropen die Geschwindigkeit des Windes verhältnissmässig weit grösser als in der gemässigten Zone, worauf sowohl Toynbee, als Blanford, gestützt auf die indischen Isobaren, bereits hinwiesen. Weiters folgt, dass bei gleicher Windgeschwindigkeit der Gradient mit der Temperatur abnimmt, und dass mit der Höhe die Barometerschwankungen geringer werden. Diese selbst sind überall, wo sie mit auffälliger Unregelmässigkeit erscheinen, vom Vorübergang einer Cyklone verschuldet, fehlen daher in den von letzteren freien Aequatorialgegenden gänzlich. Auf Reid's Sturmkarten kann man Typhoons höchstens bis 9, Cyklonen bis 10° geogr. Br. verfolgen, während näher dem Aequator thermische Aufströmung der Luft und obere Verdichtung des Wasserdampfes zu beschränkten, doch furchtbaren Tornados führt. Dass mit diesen so gut wie keine Barometerschwankungen verknüpft sind, folgt aus der ungemeinen Beweglichkeit der Lufttheilchen, welche an der rapiden Wiederherstellung des Gleichgewichtes bloss durch vorhandene Wirbel gestört werden. Diese fehlen beim Tornado keineswegs, sind aber so sehr local beschränkt, dass sowohl der Einfluss der Erdrotation auf die Luftdrehungen, als derjenige der letzteren auf den örtlichen Barometerstand völlig zurücktritt; wohl aber wird in der engen Mitte des Tornado selber die stark entwickelte Schwungkraft der peripherischen Luftmassen fast ein vollständiges vacuum hervorrufen, unter welchem momentan der einseitig auf ungefähr 10000 kgr. für 1 q.m. gesteigerte Innendruck explosionsartige Zerstörungen von Gebäuden bewirken kann. — Für die Cyklonen, welche bei ihrer grossen Ausdehnung das mechanische Gegenstück der Tornados bilden, findet Ferrel die parabolische Bahn und ihr Umbiegen beim Eintritt in die ektropische Zone in der Combination der cyklonalen Polartendenz und der allgemeinen atmosphärilen Bewegungsrichtung begründet. —

Hann sieht in einer den theilweise nach Ferrel gegebenen Darstellungen angehängten Schlussbemerkung den Einfluss, den eine allgemeine Luftbewegung auf die Fortpflanzung eines in sie eintretenden Wirbelsturmes äussert, in der combinatorischen Hervorbringung zweier Impulse, deren einer dem herrschenden Strome, der andre der Cyklone angehört. Hiedurch kommt in der Passatregion die stärkste Beschleunigung der nordwestlichen Seite letzterer zu gut, während die entgegengesetzte eine verhältnissmässige Verzögerung erfährt; damit erklärt sich die in der erwähnten Richtung statthabende Fortschreitungstendenz des Sturmes, welche auch der Lommel'schen Umbiegungstheorie nicht widerspricht, in der bloss der Ausdruck einer „Luftstauung" einer leider nicht genannten competenten Autorität deshalb unbegreiflich erscheint, weil wo der Cyklonenwind

weht, doch nicht auch der, angeblich stauende, NE-Passat wehen kann. —

Der am Anfang dieses Artikel erwähnte dänische Ingenieur und Meteorolog A. Colding hat folgende, in der ersten Mainummer der östr. meteorolog. Zeitschrift veröffentlichte Bemerkungen über die Strömungsverhältnisse der Luft gemacht. — Zur Grundlage dient die im Wasser direct nachgewiesene Gleichung

$$v = V\left(1 - 0.433\left(\frac{x}{H}\right)^{\frac{3}{2}}\right)$$

worin H die Tiefe, V die Geschwindigkeit an der cylindrischen Oberfläche, x die der Partialgeschwindigkeit v entsprechende relative Tiefe bedeutet. Für den Druck p auf der Fläeheneinheit eines beliebigen Fluidum von der Dichte δ, dessen betrachtetes Theilchen um r von der Rotationsachse absteht und sich mit der Geschwindigkeit v bewegt, während g die Beschleunigung der Schwere und $Z = \frac{V^2}{g} \cdot X$

$$\left(X = \left(1 - 0.188\left(\frac{\alpha}{H}\right)^3\right) \text{lgnat}\left(1 + \frac{x}{\alpha}\right) - 1.732\left(\frac{\alpha}{H}\right)^{\frac{3}{2}} \text{arctg} \sqrt{\frac{x}{\alpha}} + 0.577\sqrt{\frac{x}{H}}\left(\frac{3\alpha}{H} - \frac{x}{H}\right) + 0.0625\,\frac{x}{H} \times \left(\left(\frac{x}{H}\right)^2 - \frac{3\alpha x}{2H^2} + 3\left(\frac{\alpha}{H}\right)^2\right)\right.$$

worin α der Abstand der inneren Wirbelfläche von der Achse) steht $dp = \delta\left(\frac{v^2 dr}{r} - gdz\right)$, und, da für eine bestimmteNiveaufläche der Druck constant, also sein Differential Null wird, $\frac{v^2 dr}{r} = gdz$ oder $\frac{dz}{dr} = \frac{v^2}{gr}$ und $\lg.r = \int \frac{gdz}{v^2}$

Die Discussion dieser Ausdrücke und ihrer Ergänzungsformeln führt zur Erkenntniss der Thatsache, dass in einem Wasserwirbel die Rotationsgeschwindigkeit von der Peripherie gegen das Centrum wächst, aber an einer internen Cylinderfläche plötzlich verschwindet. Aehnliches findet man in den tropischen Orkanen, wo die in der Nähe der Achse erreichte maximale Heftigkeit von einer Todtenstille abgelöst wird, welche anhält, bis man jenseit der Achse zum gleichen Abstand gekommen ist; hier bricht der Sturm wieder mit Einem gewaltsamen Schlage los, doch in entgegengesetzter Richtung, und nimmt dann nach Aussen allmälig ab. Eine weitere Aehnlichkeit zwischen den Wasserwirbeln und Cyklonen besteht darin, dass der vertikale Druck wächst, wenn man vom Innern der Grundfläche des motorisch erregten Flüssigkeitscylinders nach aussen vorschreitet. Danach und bei der sonstigen Uebereinstimmung der Bewegungsgesetze gasiger und tropfbarer Mittel darf man annehmen, dass die

erste, zunächst im hydraulischen Sinne hingestellte Gleichung auch für die Atmosphäre gilt, wenn der Wirbel von einer äusseren Luftmasse umgeben ist, welche der Rotation merklichen Widerstand leistet. — Indem Colding die ausführlichere Bestätigung dieser Theorie der zukünftigen Erfahrung anheimstellt, glaubt er schon jetzt an einigen ausgezeichneten Beispielen der Orkanbeschreibungen seine hauptsächlichsten Ansichten bestätigt zu finden, so namentlich beim furchtbaren Antiguasturm, welcher am 2. August 1837 St. Thomas und das 20 Meilen entfernte Portorico verwüstete. Dove's kurze scharfe Schilderung im 52. Band von Poggendorf's Annalen wie Colding's genaue Analyse der wesentlichen Erscheinungen überlassen wir den bezeichneten Quellenschriften und beschränken uns auf die Hervorhebung der wichtigsten Uebereinstimmungen zwischen Rechnung und Beobachtung. Der Orkan blies aus NW, bis der windstille Raum die Insel St. Thomas erreicht hatte, worauf er von SE losbrach; die fortschreitende Bewegungsrichtung war WSW mit einer Geschwindigkeit von 6 Meilen in der Stunde. Im Einzelnen sind die berechneten und beobachteten Luftdruckwerthe zwar nicht identisch, stehen aber in einem constanten Verhältniss, was zur Bestätigung der Theorie genügt. Aus dem mittleren Ergebniss $\frac{V^2}{g} = 22.0$ mm. Quecksilber = 231.3 m. Luft folgt eine Maximalgeschwindigkeit $V = \sqrt{231.3 \times 9.81} = 47.6$ m., welche mit der erprobten fürchterlichen Gewalt der Luftstösse harmonirt. Werden die muthmasslichen Geschwindigkeitsvariationen zwischen den Grenzen $V = 149'$ und $v = 120'$ eingeschlossen, so kommt $x = 0.53$ $H = 12.7$ (See?) Meilen. Die Rotation des Wirbels geschah also doppelt so schnell, als der räumliche Fortschritt des Sturmes; erstere darf nicht unter eine ziemlich namhafte Grösse heruntergehen, wenn der Wirbel dem äusseren Luftdruck widerstehen soll. Bei Erfüllung dieser Voraussetzung erleidet die Rotationsgeschwindigkeit der fortschreitenden Cyklone durch mächtige Widerstände locale Verminderungen, welche sich in heftigen Windstössen äussern; der an diesen Stellen momentan siegreiche Luftdruck treibt externe Schichten der Atmosphäre einwärts und bewirkt eine Verdichtung in den untren Wirbelpartien, aus denen danach längs den Niveauflächen Luft peripherisch abströmt, so dass es im Ganzen zu den bekannten Schraubenwindungen kommt. Die Betheiligung der an der Erdoberfläche einströmenden Luftmassen am Sturme durch Modification der Rotationsschnelligkeit und des Wirbeldurchmessers erscheint theoretisch, wie in den natürlichen Phänomenen bestätigt. — Eine weitere Analyse des am 21. August 1871 von ESE nach WNW über die westindischen Inseln weggegangenen Sturmes diente nur dazu, den Autor in der Richtigkeit seiner Aufstellungen zu bestärken. —

Colding betrachtet es als selbstverständliche Folge seiner Un-

tersuchungen, dass die Strömungen des Meeres und der Atmosphäre denselben Gesetzen folgen. Wie dort die tropische Hitze das erwärmte und aufgelockerte Wasser zum Ansteigen und dadurch mit der Umgebung ausser Gleichgewicht bringt, so dass zu dessen Wiederherstellung die bekannten äquatorialen und polaren Bewegungen der Gewässer eintreten, so wird auch die heisse Luft unter dem Aequator zu grösserer Höhe gehoben, als sich mit den Aequivalenzverhältnissen gegenüber den ektropalen Luftmassen verträgt. Die Atmosphäre muss demnach auf unserer Erdhälfte eine Abdachung nordwärts erhalten, welche durch das natürliche Gefäll den Antipassat erzeugt, dem allmälig von der Rotation eine östliche Componente beigegeben wird. Von dem als weitere Consequenz dieser bekannten Theorie erscheinenden NE Passat behauptet er, dass der Zusammenstoss dieses kalten Luftstromes mit den horizontal stillstehenden aber in der Ascension begriffenen feuchtwarmen Atmosphärenschichten die gewaltigen Wirbelstürme mit ungeheuren Regengüssen und starken elektrischen Entladungen hervorbringe, während in ektropischen Regionen, wo die Luftströme mehr neben als übereinander gehen, die Grösse eines zwischen ihren beiden Niveauflächen entstehenden Luftthales von der Geschwindigkeit der Ströme abhängt, jede zufällige Stauung eines derselben aber Anlass gibt, dass dieser auf den Nachbarstrom einstürzt und hier entweder von NW oder SE einen Wirbel in Gang setzt, welcher sich der Sonne entgegengesetzt bewegt. Dies gilt jedoch nur für Ereignisse an der W seite eines Aequatorialstromes mit relativ niederem Luftdruck; an der östlichen mit verhältnissmässig hohem Barometerstand, verhindert die auf Zertheilung der Luftmassen hinwirkende Schwere grössere Wirbel.

Schliesslich werde der 1874 von Hagen in Berlin veröffentlichten Untersuchungen gedacht über den Widerstand von Planscheiben, gegen welche senkrecht bewegte Luft stösst. Bei Berücksichtigung des Umfanges der getroffenen Fläche findet man eine grosse Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung nach der Formel $p = (0.00707 + 0.0001125\,u)\,f\,v^2$, worin p den Druck in gr., v die Geschwindigkeit des Windes in dm, u den Umfang, f den Inhalt der Fläche bedeutet. Rauhheit oder Glätte der letzteren gibt keinen Unterschied; die Reibung an den Rändern bewirkt allerdings eine Widerstandvermehrung, aber keine Bildung von Wirbeln, welche erst hinter der Scheibe bei Berührung des Stromes mit der ruhenden Luft entstehen. —

§. 530. (zu §. 479). Wichtig für die klimatische und sociale Bedeutung der Wasserströmungen ist das 1873 von G. Wex, dem Oberleiter der Donauregulirung, herausgegebene Werk über die

Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen, bei gleichzeitiger Steigerung der Hochwasser in den Culturländern, an welches die österreichische Akademie der Wissenschaften ein beistimmendes Gutachten knüpfte. — Als Ursachen der statistisch an Rhein*) Donau, Elbe**), Oder, Weichsel***) nachgewiesenen continuirlichen Abnahme des mittleren Wasserstandes werden bezeichnet: schonungslose Entwaldungen zumal im Gebirg, Ablassung vieler Seen und Teiche, Austrocknung von Sümpfen und Mooren, als Abhilfsmittel: ein Waldschutzgesetz verbunden mit rationellen Aufforstungen, Beschränkung der Entwässerungen zu Culturzwecken, Correction der Flussbetten, Anlegung von Ueberschwemmungsreservoirs und Thalsperren. — Die Akademie dehnt ihre Betrachtungen weiter aus auf die Bedrohung von Klima, Landwirthschaft, Schifffahrt und ladet zur gemeinsamen Behandlung der wichtigen Frage auswärtige Institute, auch unter erbetener Vermittlung des deutschen Reichskanzleramtes, ein. — Auf Anlass hievon wird durch die Nürnberger Presse unter der Chiffre: LH. Mittheilung gemacht über am Main bei Aschaffenburg gesammelte Notizen. Am rechten Flussufer eine halbe Stunde von dieser Stadt entsprangen vor 16—20 Jahren reiche Quellen, welche nach Abholzung der umliegenden Hügel zum Theil versiechten, zum Theil kümmerten, wogegen auch die theilweise Wiederbepflanzung mit Kiefern an Stelle des früheren Laubwaldes wenig half, indem nach Ebermayer's hier bestätigten Angaben dieser auf gleicher Fläche mehr Regen und Schnee empfängt, als Fichtenbestand und letzterer mehr als Kieferpflanzung. Die Folge jener Vorkommnisse war die Reduction eines sonst fischreichen Teiches im Fasanariepark zu einer kleinen Pfütze und die sommerliche Versumpfung zweier Seen im Schönthal. Ebenso ist auf die agriculturliche Opferung von Wäldern längs des linken Mainufers zu schieben, dass eine von König Ludwig I. 1867 bestellte Dampfmaschine aus dem 1/1 Stunde entfernten Fluss tüchtig Wasser herbeipumpen muss, um den bei längerem Regen den Schönbuschteichen nicht mehr genügenden Bach zu unterstützen, dessen Quelle vor 1824 nah am Ursprung so mächtig war, dass sie eine Schleifmühle trieb. —

In den preussischen Rheinkreisen: Neuss, Grevenbroich, Bergheim, Jülich bemerkte man, nachdem seit einem halben Säculum tausende Morgen Hochwald in Ackerland umgewandelt worden waren, Anfangs der sechziger Jahre eine Verringerung der Niederschläge, der Bodenfeuchtigkeit und des Quellenreichthums. Die auf den An-

*) Höhenabnahme seit 50 Jahren: 56 cm.
**) „ „ „ 40 cm.
***) „ „ „ 61 cm

höhen um Aachen zwischen 1820 und 1864 rasirten 4280 Tagwerke Wälder hatten früher den Saubach stets gefüllt erhalten, während er seit 1865 jährlich 8—9 Monate trocken liegt. —

In Indien endlich sollen Waldzerstörung und Vernachlässigung der Kanalisation die verheerenden Ueberschwemmungen von 1866 verschuldet haben, denen eine versengende, Boden und Quellen austrocknende Hitze und als gemeinsame Wirkung der extremen Ereignisse eine fruchtbare Hungersnoth folgte, welche das Volk der durch die Vertilgung der Bäume beleidigten Göttin der Fruchtbarkeit (Tari Pennu) zuschrieb. —

---

§. 531. Ursprünglich war meine Absicht, als vierten Theil dieses Buches eine Technik medicinisch-physikalischer Instrumente zu geben, soweit solche gegenwärtig von der Theorie sicher gestellt und in der Praxis brauchbar gefunden wurden. Da aber in dieser Hinsicht bereits ein sehr reichhaltiges Material vorliegt, hätte dessen ausführliche Behandlung mehr Zeit und Raum erfordert, als mir jetzt zur Verfügung stehen, und weil überdies ein Theil der betreffenden Apparate, besonders der in die Optik fallenden, im Texte berücksichtigt worden ist, schien genügend, nachträglich folgende instrumentale Hilfsmittel der Forschung kurz zu beschreiben. —

Fig. 41.

1) Das Polarplanimeter. (Amsler) Fig. 41. — Der genaueste und wissenschaftlich einzig sichere Weg, den Flächeninhalt beliebiger Figuren zu bestimmen, ist die nach geometrischen Principien ausgeführte Berechnung. Allerdings wird hiezu einerseits eine gewisse, die scharfe Anwendungsweise jener bedingende Regelmässigkeit der Form, anderseits die Werthangabe einiger charakteristischer Grössenelemente der letzteren vorausgesetzt, aber angenäherte Resultate können auch da erreicht werden, wo in erster Hinsicht höchst ungewöhnliche Begrenzungslinien, in zweiter bloss möglichst sorgfältige Schätzungen vorliegen. Will man indess die letzteren Falles in

der Regel nothwendigen constructiven Reductionen und algebraischen Kunstgriffe ersparen, so bleibt nichts übrig, als sich auf äusserliche Verfahrungsweisen einzulassen, deren mechanischer Ablauf vom Erfinder zwar nach streng wissenschaftlichen Regeln in genügend bestimmten Zusammenhang mit entscheidenden Momenten des Messungsobjectes gebracht ist, um ein richtiges Resultat verbürgen zu können, doch aber hinter einer bewussten Operation zumal dann weit zurücksteht, wenn nicht das Vertrauen auf die Zuverlässigkeit der Ausführung in der genauen Kenntniss ihrer theoretischen Begründung einen Rückhalt findet. — Die Wägungsmethode kann bei sorgfältigster Beachtung aller Nebenumstände brauchbare Werthe geben; man sieht aber leicht, dass feineren Ansprüchen gegenüber man grossen Fehlerquellen begegnet, wenn aus dünnem gleichförmigem Papier eine der zu berechnenden Fläche congruente Figur ausgeschnitten und im Gewichte mit einem aus gleichem Stoff hergestellten Normalquadrat verglichen wird. Zur Bestimmung körperlichen Inhalts dürfte dagegen die Benützung des Archimedischen Gewichtverlustes im Wasser, sofern die Versenkung in dieses zulässig erscheint, in befriedigendstem Maasse brauchbar sein. — Für ebene Figuren ist ferner eine mehr oder weniger präcise Abschätzung des Flächenraumes möglich, indem ein feines Netz regelmässig nebeneinander verzeichneter kleiner Quadrate darüber gelegt, die von den Umrissen eingeschlossene Anzahl derselben festgestellt und hinsichtlich der theilweise von den Grenzlinien durchschnittenen eine dem Befund möglichst nah kommende Einrechnung der inneren Stücke vorgenommen wird. — Endlich soll die höchste Sicherheit des Mechanismus eine Minimalbeschränkung der psychischen Anstrengung und zugleich die Unmöglichkeit der Irrung mittels der graphischen Methode sich erreichen lassen. — Ein auf Polarcoordinaten gegründetes, die Messung durch Umfahrung der Figurgrenzen ergebendes Planimeter scheint zuerst 1817 nach seinen schon 1814 darüber concipirten unten mitgetheilten Ideen I. M. Herrmann in Bayern construirt zu haben, während unabhängig davon 1828 Oppikofer aus Thurgau ein Polarplanimeter erfand, das von Ernst, Sang, Wetli, Hansen etc. verbessert oder modificirt wurde, und gleich andren gut gearbeiteten richtig angewandten Instrumenten eine Messungsgenauheit von 0.1—0.02 prc. des Gesammtinhaltes erlaubt.

Die häufigste Anwendung, namentlich in physiologischen Kreisen findet gegenwärtig Amsler's Polarplanimeter, von welchem Fig. 41 eine schematische Ansicht gibt. Der Stift *c* wird auf der Zeichnungsfläche irgendwo fest eingesenkt, so dass sich um diesen Stützpunkt das ganze Instrument frei aber sicher drehen kann; hierbei beschreibt das vordere Ende des von *c* an horizontal ausgestreckten Stabes *a* beliebig ausgedehnte Kreisbogen nach $a_{,}$ oder $a_{,,}$ hin;

das mit ihm durch eine in gehärteten Pfannen laufende kurze Vertikalachse verbundene Gehäuse *d* nebst seinen Anhängseln macht in der Hauptsache die erwähnten Bogengänge mit, da aber auch der Winkel, welchen das, im besagten Achsenstift verbundene, Vorder- und Hinterstück des Apparates (nach jetziger Lage im Werth von 180°) einschliesst, veränderlich ist, so vermag die Zeichnungsspitze *e* des überdies noch in der Hülse *d* beliebig verschieb- und einklemmbaren links gewendeten Horizontalstabes *bd* die willkürlichsten Linien zu beschreiben, z. B. also den Umrissen der Kurve *e, e,,* zu folgen. Bei wirklicher Ausführung einer solchen Bewegung rollt nun die am untren Theil dieselbe Ebene mit *c* und *e* tangirende Peripherie der mit der wagrechten Achse *st* drehbaren senkrecht stehenden Rolle *r* auf der Zeichnungsfläche und mit ihrem getheilten Rand vor dem festen Nonius *n* vorbei; eine an *st* geschnittene Schraube ohne Ende überträgt die Rotation auf den senkrechten Halter *o* der horizontalen Kreisscheibe *m* so, dass diese vor dem festen Zeiger *l* vorbeiwandelnd für jede ganze Rotation von *r* den zehnten Theil der eigenen Drehung beschreibt, demnach mindestens neun Totalumläufe der Rolle registrirt. Die letztere führt natürlich eine wirklich rollende Bewegung nur aus, wenn die Gesammtverschiebung senkrecht zu ihrer Achse stattfindet, dagegen eine gleitende, falls diese längs der Achse geschieht, unter jeder andren Bedingung aber eine gemischte. — Das Messungsprincip ist nun, dass bei Verfolgung einer geschlossenen Curve mittels des Zeichnungsstiftes *e* von der Rollenperipherie *r* ein dem umfahrenen Flächenraum proportionales Stück abgewickelt wird, und zwar ganz unabhängig vom Winkel der Stücke, wie von der in- oder externen Lage des Drehpunktes *c*. Im Cosmos (VIII. 1856) ist dafür folgender Beweis gegeben: Wenn der Stift *be* den ganzen Umfang der auszumessenden Figur beschrieb, hat *a* entweder einen vollen Kreis um *c* oder nur einen Bogen vor- und rückwärts zurückgelegt, je nachdem *c* innerhalb oder ausserhalb der Figur liegt. Im letzteren Falle wird die Gerade *ca*, nachdem der Zeichenstift alle Punkte des Umrisses berührt hatte, zur Ausgangstellung zurückgekehrt sein, zuvor aber jeden Punkt innerhalb der Figur ein Ungerades, jeden ausserhalb ein Geradesmal oder gar nicht getroffen haben. Von einer beliebigen Lage α in die nächststehende β gelangt *ab* durch gleichzeitig drehende und fortschreitende Bewegungen, welche man ersetzen kann durch eine mit sich selbst parallele Verschiebung von *ab* und eine darauf folgende Winkeldrehung, so dass das thatsächlich beschriebene Flächenelement zusammengesetzt erscheint aus einem Parallelogramm *p* und einem Sector *s*; *p* und *s* werden als positiv betrachtet, wenn jenes in Bezug auf die in *a* gedachte Tangente auf der dem Pol c entgegengesetzten Seite liegt, die Winkeldrehung aber von Links nach Rechts statthat. Wie nun im einzelnen Falle $f =$

$p + s$, so wird bei der, nach Bedürfniss, öfteren Wiederholung desselben Verfahrens die ganze Fläche $F = \Sigma p + \Sigma s$, was ohne Weiteres der gesuchte Inhalt der Figur ist, weil die ausserhalb ihrer Grenzcurve übereinanderliegenden Elemente als abwechselnd positiv und negativ sich aufheben. Hat *ab*, der constante Radius aller Sektoren, die nämlichen Drehungen in positivem wie negativem Sinne ausgeführt, so ist $\Sigma s = o$, also $F = \Sigma p$. — Wäre mit *ab* ein Kreis verbunden, dessen Achse jener Geraden parallel liegt, und dessen Rand die Zeichnungsfläche berührt, so wird derselbe mit *ab* drehend oder gleitend vorschreiten, je nachdem er eine zur Achse senkrechte oder parallele Verrückung erfährt. Vergleicht man zwei Situationen desselben, für welche seine Achse einer festen Geraden parallel blieb, so entspricht das von ihm abgewickelte Stück dem lotrechten Abstand der beiden Achsenlagen. Während der ersten der oben angenommenen Elementarbewegungen von *ab* betrage der abgewickelte Bogen h als Breite von p, und für die daran geschlossene Drehung um den Winkel φ, wenn r die Entfernung des Punktes a von der Kreisebene bedeutet, $r\varphi$. Es ist demnach für eine Elementarbewegung $u = h + r\varphi$ und für den aus solchen zusammengesetzten, der vollen Zeichnung entsprechenden, Totalumlauf $U = \Sigma h + \Sigma r\varphi$. Da bei der extrapolaren Annahme *ab* gleiche und entgegengesetzte Drehungen ausführt, wird $r\Sigma\varphi = o$, also $U = \Sigma h$, woraus durch beiderseitige Multiplication mit l (Länge von *ab*) $l\,U = \Sigma lh = \Sigma p$ (dessen Höhe und Basis l und h), so dass der Figureninhalt einem Rechteck gleicht, dessen Grundlinie der constante Halbmesser *ab*, dessen Höhe der abgewickelte Kreisbogen ist. — Liegt der Drehpunkt c des Instrumentes im Innern der behufs der Messung mit dem Zeichenstift zu umfahrenden Figur, so läuft *ab* stets in derselben Richtung vollständig um c herum, und die in obigem Sinne verstandene Grösse $\Sigma p + \Sigma s$ gibt den Unterschied zwischen der in Frage stehenden Fläche und dem um den Pol mit dem Radius *ca* beschriebenen Kreise; heisst dieser ϱ so ist $F = \pi\varrho^2 + \Sigma p + \Sigma s = \pi\varrho^2 + \Sigma p + \pi l^2 = \pi (l^2 + \varrho^2) + \Sigma p$ indem die aus den Sectorelementen s zusammengesetzte Drehung einen mit $ba = l$ beschriebenen Kreis darstellt. In der obigen Gleichung des Totalumlaufes $U = \Sigma h + \Sigma r\varphi$ wird der zweite Summand nicht Null, weil die Drehungen nicht in abwechselnd conträren, sich gegenseitig aufhebenden Richtungen erfolgen, sondern im nämlichen Sinne zur vollen Kreisabwicklung $2\pi r$ anlaufen, also $U = \Sigma h + 2\pi r$

$$l.U = \Sigma lh + 2\pi rl = \Sigma p + 2\pi rl$$

combinirt mit $F = \Sigma p + \pi (l^2 + \varrho^2)$ zur Elimination von Σp:

$$F - lU = \pi (l^2 + \varrho^2 - 2\,rl)$$ in welcher Gleichung die zweite Seite aus lauter bekannten Grössen, der Ludolf'schen Zahl π, der Stablänge $ab = l$, derjenigen von $ca = \varrho$, und dem

Abstand r des Punktes a von der Laufrolle, besteht, also constant ist, wonach F = l.U + const., d. h. bei der intrapolaren Annahme ist der bemessene Figureninhalt gleich einem Rechteck mit dem unveränderlichen Halbmesser l zur Basis, und dem abgewickelten Bogen U zur Höhe, plus einer von den gegebenen Dimensionen des Apparates abhängigen Constanten. —

Diese Darstellung entbehrt zwar nicht der Anschaulichkeit und Giltigkeit, wohl aber einer allgemeinen und strengen mathematischen Schärfe, so dass Decher's analytischer, ohne Beiziehung höheren Calcüls unverständlicher Beweis (140. Band von Dingler's polytechnischem Journal) nur erwünscht sein konnte, um von Amsler's Planimeter die theoretische Richtigkeit und die ebenso einfache als sichere Anwendbarkeit zu zeigen. Aber obschon diese Eigenschaft von Decher selbst anerkannt wird, hält er die Vorzüge des Instrumentes doch nicht für fähig, die Fehler aufzuwiegen, welche aus der zusammengesetzten drehenden Bewegung der Rolle und der Neigung ihrer Achse zur Rotationsrichtung um den Pol fliessen. Von den beiden in jene Zusammensetzung eingehenden Drehungen um c und a wird unter Berücksichtigung der Reibung befürchtet, dass letztere die erste beherrsche, so dass weder eine einfache Summirung, noch eine gegenseitige Aufhebung derselben ohne Weiteres annehmbar ist, zumal dem Rädchen nach einer erzwungenen Drehung eine zweite mit veränderter Winkelgeschwindigkeit zugemuthet wird. Decher empfiehlt desshalb seine Modification des Bouniakovsky'schen Planimeter zum Gebrauch, bei welchem freilich zwei gleitende und eben so viele drehende Bewegungen ausgeführt werden müssen, als an Amsler's Instrument. — In desselben Bandes elftem Helft erklärt Amsler selbst die obige „Cosmos-"Theorie seines Planimeter für vollkommen streng, einfach und auch dem nur mit den Elementen der Mathematik Vertrauten verständlich, aber Decher's „strengen und bündigen" Beweis für unrichtig, sowie dessen praktische Ausstellungen in einer „seltsamen unklaren geometrischen Vorstellung vom Spiele des Laufrädchens" begründet, das gerade so wie bei allen derartigen Apparaten mit dem die Unterlage berührenden Punkte eine gewisse Curve beschreibe, selber aber theils rolle, theils gleite, theils um eine Verticalachse rotire, und hiebei keine grössere technische Unsicherheit involvire, als sie sonst auch der Mechaniker überwinden oder möglichst verkleinern müsse. — Die hieran geknüpfte Polemik dürfte zu verfolgen um so weniger ein Interesse gewähren, als die empirische Anwendung und Brauchbarkeit des Planimeter davon wenig berührt wird, vielmehr es sich wesentlich um die rein formale Frage der Operation mit Differentialquotienten handelt. —

Eine detaillirte Beschreibung andrer einschlägiger Instrumente würde uns zu weit führen; es werde nur noch erwähnt, dass John

Sang's Planometer nach einer auf Tafel VI. des 122. Bandes vom polyt. Journ. (1851) gegebenen perspectivischen Zeichnung eine bequeme und sichere Führung des Stiftes zu gestatten scheint, bei etwas complicirter Construction und wohl auch aus theoretischen Gründen indess wenig Verbreitung fand. — Zum Schlus der Sache ist vielleicht eine geschichtliche Reminiscenz am Platz. Der bayerische Trigonometer J. M. Herrmann, welcher gelegentlich seiner Steuer - Rectificationsvermessungen im Auerburg'schen Gebirg 1814 erster Erfinder des Instrumentes war, an dessen Verbesserung, Ausführung und Anwendung der Steuerrath Laemmle (1816), der Mechaniker Sammet, die k. bayer. Steuerkataster-Commission (1817), indirect auch der Astronom Soldner und der berühmte Reichenbach sich betheiligten, spricht über seine „Maschine zum Abnehmen des Flächeninhaltes geometrischer Figuren durch Herumführen eines Stiftes auf den Grenzlinien" in folgender, die noch jetzt als wesentlich und massgebend erachteten Punkte vollkommen richtig würdigender Weise:

„Der Flächeninhalt zweier Dreiecke oder Parallelogramme, welche gleiche Grundlinie haben, steht in geradem Verhältniss zu ihren Höhen. Denkt man sich nun einen Kreis, dessen Peripherie gleich einer solchen gemeinsamen Basis ist, und ihn mit etwas andrem so in Verbindung, dass wenn man mit letzterem längs dieser Linie hinfährt, er sich einmal um seine Achse dreht, wobei die Höhe der Figur 1; ferner dass, falls diese 2, der Kreis vermittels seiner Verbindung, während längs der Grundlinie hingefahren wird, zweimal um seine Achse rotire; endlich, dass die Revolutionen des Kreises, wie die Zahlen der Höhen zunehmen, und könnte die Zahl der letzteren an irgend was bemerkt werden, so hätte man eine Art mechanischen Flächenmessers. Wollte man nun ohne Zahlenrechnung den Inhalt geometrischer Figuren durch eine Maschine finden, so wäre bloss die Art aufzusuchen, wie die Kreisdrehungen im obigen Verhältniss bewirkt werden können. . . . Der genannte Kreis ist ein ungezahntes Rädchen, das sich an einer Welle um seine Achse drehen lässt; es wird mittels einer Feder mit dem Rand an eine Seitenlinie eines Kegel angedrückt, welche Kegelseitenlinie parallel der Welle des Rädchens sein muss. Der Kegel ist um seine Achse drehbar und setzt, wenn er gedreht wird, das an ihn gedrückte Rädchen ebenfalls um seine Achse in Bewegung und er wird während der Bewegung vom Rädchen in einem Kreise auf seiner Seitenfläche berührt, dessen Ebene parallel seiner Grundfläche ist. Gesetzt nun, das Rädchen berühre den Kegel an jener Stelle, wo der Kreis, den es auf seiner Oberfläche beschreibt, so gross ist, wie das Rädchen, so wird zu einem ganzen Umlauf dieses ein voller des Kegel erfordert; rücke ich aber das Rädchen noch einmal so weit von der Spitze des Kegel

gegen die Basis, so wird es dort, wenn der Kegel einmal um die Achse bewegt wurde, sich in dieser Zeit zweimal um seine bewegt haben, weil die Peripherie des Kegelkreises jetzt doppelt so lang ist, als die des Rädchen. Es habe jetzt der Kegel auf seiner Basis einen concentrischen Cylinder von gleichem Durchmesser mit dem Rädchen, befestigt, der bei der Achsendrehung des Kegel an einem geraden Lineal fortrollt; die Rädchenwelle behalte im Fortrollen des Kegel stets dieselbe Lage gegen des letzteren Achse und könne längs seiner Seite mittels eines Keiles hin- und hergleiten; ferner sei eine Vorrichtung angebracht, welche die ganzen Umläufe des Rädchen, wie die Theile eines Umlaufes anzeigt, so können die Verhältnisse des Flächeninhaltes aller auf gleicher Grundlinie stehenden Rechtecke angegeben werden." (v. Bauernfeind).

Fig. 42.

a
b
c
e
f
g
k
d
i
h

2) Myograph. — Der bei a (Fig. 42.) befestigte Muskel ist bei b in ein Hebelwerk eingehackt, an welchem in der Richtung c d ein messbarer Zug auf jenen ausgeübt werden kann; hiemit kommt der um e drehbare Hebel, der nebst seinen Anhängseln vom Laufgewicht f äquilibrirt sein kann, mit dem Ende g zur Hebung, welche einen in den Träger g h eingelenkten Stift längs dem Mantel eines mit constanter Geschwindigkeit um seine Vertikalachse drehbaren Cylinders k verschiebt. Wegen der Beweglichkeit des Gelenkes g bleibt bei passender Stellung der Stücke und Belastung von $i\,h$ der Stift während des ganzen Bewegungsactes an die berusste Zeichnungsfläche angedrückt, auf welcher er, wenn im zeitlichen Verlauf Contractionen und Erschlaffungen des Muskels erfolgen, eine zusammenhängende Curve beschreibt, deren horizontale Erstreckung von der Rotationsgeschwindigkeit des Cylinders abhängt, während die verti-

calen Berge und Thäler zwar keineswegs unmittelbare Bilder des organischen Vorganges oder auch nur seiner nächsten Folgen darstellen, weil bei *c* und *g* Kreisbogen, bei *i* aber gerade Linien beschrieben werden, doch aber unter gewöhnlichen Umständen den wirklichen Hebungen und Senkungen mit dem Vergrösserungsmass $\frac{eg}{ec}$ proportional gesetzt werden dürfen. — Soll bloss eine einmalige Erhebungshöhe der Muskelthätigkeit bestimmt werden, so bedarf man keines rotirenden Cylinders, sondern bloss einer senkrecht aufgestellten berussten Tafel, auf welcher zuerst Pflüger den vom Zeichenstift entsprechend vergrösserten Muskelhub gemessen hat. — Den Cylinder des im Uebrigen von Helmholtz stammenden Myograph ersetzte Harless durch eine vor dem Stift vorbeibewegte ebene Glasplatte und Fick durch ein Pendel, dessen für den Ablauf der in der Regel untersuchten Erscheinungen hinreichende Schwungzeit von 0.3—0.5 sec. durch Sperr- und Fang-Hacken regulirt wird. — Valentin's Kreisscheiben-Myograph, Thiry's Ersatz des Uhrwerkes durch eine Sirene, Jendrássik's Fall-Myographion, genügt es, kurz zu erwähnen. (Siehe auch §. 518.) —

Fig. 43.

3) Marey's Sphygmometer. — Das federnd bei *a* (Fig. 43.) befestigte Plättchen *b* überträgt die Schwingungen einer unterliegenden Arterie mittels des Dornes *c* auf den um *d* drehbaren leichten Aluminiumhebel *d c e*, dessen bei *e* rechtwinkelig eingesetzter Stift die Pulscurve auf der von einem Uhrwerk vorübergeführten Platte *f g* verzeichnet. —

4) Fick's Federkymographion. — (Medic. Physik, 1866.) Eine bandartige Hohlfeder von dünnem Blech strebt bei Zunahme des Innendruckes aus kreisförmiger Biegung zur Geradstreckung, während steigende Aussenpressung die Krümmung vermehrt. Am Bourdon'schen Metallbarometer wird Letzteres von den Schwankungen der Atmosphäreneinwirkung bewerkstelligt, gegen welche die Elasticität des Metalles arbeitet; zu manometrischen Zwecken kann man aber auch umgekehrt die modificirenden Einflüsse des variirenden Innendruckes von den federnden Eigenschaften der Bogen-

büchse bekämpfen lassen, und geschieht dies hier in der Weise, dass die letztere (Fig. 44.) bei *b* befestigt mit dem freien Ende *a* auf ein

Fig. 44.

Hebelwerk die Formveränderungen überträgt, deren Anregung von der Alkoholfüllung ausgeht, zu welcher bei *b* ein kohlensaure Natronlösung enthaltender Schlauch die Verbindung mit dem Blutgefässe herstellt. Die Hebelstangen sind, um sie möglichst leicht zu machen, aus Schilf verfertigt und so in einander gelenkt, dass das wesentlichste Stück um *c* drehbar die bei *d* empfangenen Anstösse im Verhältniss $\frac{ce}{cd}$ vergrössert auf den Stiftführer *g' g* überträgt, welchem durch Gelenke bei *e* und *g'* wie die um *f* drehbare Leitstange *f g'* ein senkrechter Auf- und Niedergang verbürgt ist; der vertical zu *g* gedachte Stift gleitet dabei am rotirenden Cylinder *h k* hinreichend fest, um in dessen Russschicht die Spuren der Bewegungsacte aufzuzeichnen. — Ueber die Leistung des Instrumentes sagt der Autor: „die Experimentalkritik mit Luftdruckschwankungen in ganz bestimmtem Betrage hat ergeben, dass der Apparat wirklich den Betrag der Druckschwankung genau registrirt, ganz unabhängig von dem Tempo, in welchem dieselbe einwirkt. Vergleichende Versuche mit dem Quecksilbermanometer liessen sehen, dass hier die Grösse der Druckschwankung bei raschem Tempo zu klein und bei langsamem Tempo zu gross angezeichnet wird. Auch liess mein

Kymographion plötzliche Stillstände in der Druckvariation durch ganz scharfe Knickungen in der Curve wahrnehmen, wovon man am Quecksilbermanometer niemals eine Spur sieht." — In Beziehung auf die insbesondre von Mach präcis formulirten Forderungen für möglichst grosse Empfindlichkeit und sachliche Treue der Einrichtungen heisst es: „Die schwingende Masse ist klein (gegenüber dem sonst verwendeten Quecksilber), die inneren Kräfte, welche das System in der Gleichgewichtlage halten, nämlich die elastischen Kräfte der (hohlen) Messingfeder, sind verhältnissmässig sehr gross, die Dauer der Eigenschwingungen des Apparates ist darum sehr klein. Die Geschwindigkeiten, welche die schwingenden Theile annehmen bei Druckschwankungen, wie sie der Arterienpuls liefert, sind nur ganz ausserordentlich klein, wenigstens sofern wir absehen von den Bewegungen des fast ganz masselosen Hebelwerkes und nur die Manometerfeder ins Auge fassen. Ihr freies Ende macht bei den gewöhnlichen Blutdruckschwankungen kaum sichtbare Bewegungen. Der Zeichenstift geräth allerdings in ausgiebigere Bewegungen und die Trägheit des Hebelwerkes, so leicht es gearbeitet ist, veranlasst daher bei raschen Druckschwankungen ziemlich merkliche störende Nachschwingungen. Diese lassen sich aber gänzlich beseitigen durch ein Papierblättchen, welches in Oel geht." — Der letztere Punkt ist bemerkenswerth, weil hier das empirisch bestätigte Resultat in Widerspruch steht, mit einer Consequenz der mathematischen Untersuchung Mach's, welcher fordert, dass die Bewegungswiderstände des messenden und aufzeichnenden Systemes möglichst klein seien. Es ist klar, dass unter Voraussetzung calculatorischer Folgerichtigkeit, welche, obschon mir bis jetzt die Rechnungen unzugänglich blieben, vom Namen des Forschers genugsam verbürgt erscheint, die Unvereinbarkeit der experimentalen und theoretischen Angaben nicht wesentlich und deshalb unter verändertem Gesichtpunkt der Betrachtung beseitigbar sein wird. Man kann mit Fick die allergünstigste Veranstaltung darin sehen, wenn eine unendlich kleine Masse durch die grössten Widerstände gezwungen würde, irgend wohin geführt liegen zu bleiben, ohne um die kleinste Strecke darüber hinaus von der motorischen Beharrlichkeit geführt zu werden, aber es wird anderseits ebenso bestimmt wünschenswerth sein, dass die dem System übertragene, eben damit zur Messung und Fixation gelangende Bewegung thunlichst geringfügigen Hemmnissen begegne; in der That wäre, um auch hier auf „einen extremen Fall" hinzuweisen, jede Anwendung des Apparates vereitelt, wenn die Reibungswiderstände an den Drehpunkten die zum Angriff gelangenden Kräfte überstiegen. Bloss die der Trägheit zufallende Eigenbewegung soll hintangehalten werden, zu welchem Zweck es sich weniger darum handelt, überhaupt einen recht grossen Widerstand einzuführen, als vielmehr

darum, demselben gerade die in erster Hinsicht nicht störende, in zweiter eben genügende Intensität und zugleich eine Form zu geben, welche ausserhalb des Bewegungsmechanismus in ein relativ zähes Medium verlegt nach den als Verschiebbarkeit und innere Reibung bekannten Eigenschaften seiner kleinsten Theilchen die directen Folgen des ersten Impulses wenig, den Fortgang der Bewegung aber im Quadratverhältniss der Geschwindigkeit bedeutend und frühzeitig abschwächt. —

5) Das Spirometer. — Schnepf nennt in seiner Geschichte der Spirometrie von den älteren bis in die neueren Zeiten herein als mehr oder weniger direct betheiligt an ihrer Theorie oder Technik die Namen: Borelli, Keil, Hales, Sömmering, Abilgaard, Wurzer, Davy, Allen, Pepys, Dalton, Bostok, Menzie, Vierordt, Valentin. 1814 construirte Kentish sein Pulmometer, Boudin vereinfachte es zu einer Kautschukblase und Jaehne machte es portativ. Man könnte zu obiger Reihe noch fügen Goodwyn, Thompson, Abernethy, Kite, aber die ächte Spirometrie beginnt erst mit John Hutchinson, welcher die mit seinem nach dem Princip des Gasometer gebauten Instrumente erworbenen Beobachtungsresultate 1846 der ärztlichen Gesellschaft in London mittheilte und im 39. Bande der Medico-Chirurgical Transactions veröffentlichte, welche Abhandlung drei Jahre später Samosch ins Deutsche übertrug. Die Praxis der Spirometrie cultivirte in Deutschland am frühsten Vogel in Giessen und mit dem von demselben vereinfachten, doch nicht fehlerfreien Apparate Wintrich zu Erlangen. Dieser um die physikalische Technik der Brustkrankheiten überhaupt verdiente Forscher gab dem Spirometer die in Fig. 45. gezeichnete Form. Der am besten aus Glas gefertigte Cylinder *a* mit der gewöhnlich verstöpselten Abflussrinne *h* steht im Stativ *k*; oben völlig offen lässt er durch eine centrale Bodenöffnung die geknickte Röhre *lif* treten, auf welche hinter dem Hahne *f* der Einathmungsschlauch *g* gesteckt ist. Die Glasglocke *b* von 5500 cub.cm. Inhalt, wovon je 20 durch zwei benachbarte Scalenstriche einer Ein-

Fig. 45.

theilung abgegrenzt sind, hängt an einer über die Rolle *d* laufenden mit dem Gegengewicht *e* belasteten Schnur und kann durch den Hahn *c* gegen die äussere Atmosphäre abgesperrt wie geöffnet werden. *a* wird unter Verschluss von *f* und *h* mit Wasser gefüllt bis nah ans obere Ende von *l*, und *b* bei geöffnetem *c* möglichst tief herabgesenkt; ein hiebei etwa bleibender Rückstand von Luft unter der Glockenkuppel kommt natürlich von dem durch ein ans verlängerte *g* angesetztes Mundstück nach Oeffnung von *f* eingeathmeten Luftvolum in Abzug. — „Das zu untersuchende Individuum setzt sich dem Spirometer gegenüber bequem auf einen Stuhl, macht einige ruhige Athemzüge, dann eine kräftige Exspiration, hierauf eine möglichst starke Inspiration und unmittelbar nach dieser exspirirt es die eingesogene Luft so kräftig als thunlich durch die Inspirationsröhre in die Spirometerglocke.“ — (Wintrich, Krankheiten der Respirationsorgane, Erlangen, Ferd. Enke 1854.) Unter Berücksichtigung der Temperatur und des Luftdruckes wird danach bei gleichem Wasserniveau in Mantel und Glocke das Exspirationsvolum bestimmt oder als genauerer Mittelwerth aus wiederholten Versuchen berechnet. Zur Messung der an erwachsenen Männern gewöhnlich um 100—400 cub.cm. unter dem vorigen Werth (circa 4000 cub.cm.) bleibenden Inspirationsgrösse verfährt Wintrich folgendermassen. Er zieht die Glocke bei Oeffnung von *c* empor, bis bei äussrer und innrer Gleichheit des Wasserstandes 5000 cub.cm. atmosphärischer Luft darin abgeschlossen sind. Unter Verschluss von *c* und Oeffnung von *f* wird nun mittels *g* möglichst viel Luft in Einem Athemzug aus *b* entnommen, womit die Glocke entsprechend sinkt, so dass unter Wahrung der gewöhnlichen mechanischen Vorsichtsmassregeln bloss der verbliebene Luftrest vom ursprünglichen Inhalt abgezogen zu werden braucht, um den in die Lunge übergegangenen Antheil zu erfahren. —

Derselbe, um die respiratorische Diagnose eifrig und erfolgreich bemühte Forscher macht neben den quantitativen Verhältnissen der Athmungsgase auf ihre chemischen Eigenschaften aufmerksam und sorgt zugleich in der richtigen Annahme, dass genaue aber weitläufige Gewichtanalysen oder gar die umfangreichen Untersuchungsmethoden Regnault's und Reiset's im ärztlichen Dienst in der Regel unausführbar sind, für ein möglichst einfaches und sicheres Volumen-Pneumatoskop. Dasselbe besteht wesentlich aus einer in cub.mm. getheilten Eudiometerröhre, mit dem geschlossenen Ende nach Unten gekehrt, nah dem oberen offenen mit einem Hahn versehen und in der Nähe des ersteren mit einer Seitenöffnung, welche mittels Kautschukringen, Klappen und Hebel verschlossen wie geöffnet werden kann; die Röhre ist längs eines festen Gestelles vertical verschiebbar und kann in einen untergestellten

Quecksilbertrog gesenkt werden. Nebenvorrichtungen sichern die Genauigkeit der Beobachtung, bei deren Ausführung zuvörderst das oben beschriebene Spirometer mit, von Kohlensäure gesättigter, Salzlösung gefüllt wird, worauf man in dessen Glocke durch mehrmalige ruhige Hineinathmung 4—5000 cub.cm. Exspirationsluft sammelt, von welcher Verbindungscanäle, in denen an passenden Stellen zur Austrocknung der vorbeistreichenden Gase Chlorcalcium oder Schwefelsäure angebracht ist, ein bestimmtes Quantum dem Hahne der Eudiometerröhre zuführen, so dass an dieser, entsprechend aus dem Quecksilber heraufsteigend, nach einiger Zeit, während welcher man zur Sicherung eines reinen Resultates 1000 cub.cm. Luft durch- und austreten liess, das zuletzt abgeschlossene Volumen derselben unter Beachtung von Barometerstand und Temperatur gemessen werden kann. Zur Bestimmung der Kohlensäure wird der über dem Hahn frei verbleibende Röhrenabschnitt von 4 cub.cm. Inhalt zu $^3/_4$ mit guter Kalilauge gefüllt, welche grösseren Theiles in das ein wenig gehobene Eudiometer durch den vorsichtig geöffneten Hahn herabläuft und das oben erwähnte Gas in wenigen Minuten absorbirt; sein volum ergibt die mittels der Mikrometerschraube unter Berücksichtigung des inneren Druckes der Kalilauge ausgeführte Niveauregulirung der Quecksilberspiegel. Danach kommen in das gereinigte obere Ansatzstück der Röhre 2 cub.cm. reine Pyrogallussäure, welche unter ähnlicher Manipulation, beschleunigt durch Schütteln der herausgenommenen, vorher unten mit der erwähnten Klappe verschlossenen Röhre, bestimmt ist, den Sauerstoff zu absorbiren, zu dessen genauer Volumbestimmung natürlich die Dichte des jetzt im Eudiometer befindlichen Flüssigkeitsgemenges bekannt sein muss, weil nur dann eine den wahren mechanischen Verhältnissen entsprechende Anordnung des inneren und äusseren Quecksilberstandes geschehen kann. Der Rest des Exhalationsvolums darf in der Regel ohne Fehler als Stickstoff angesetzt werden, denn der Wasserdunst, welcher bloss in Hydrämien und Bluteindickungen in höheren Betracht käme, ist schon in den vorgelegten hygroskopischen Stoffen absorbirt worden, von andren Gasen aber dürfte höchstens das Ammoniak, als Zersetzungsproduct des Harnstoffes, eine besondre durch Röthung der farblosen Hämatoxylinlösung leicht ausführbare (qualitative) Nachweisung beanspruchen. Zu der aus physikalischen Gründen nothwendigen Reduction der Messungswerthe v auf Gefrierpunkt und Meeresspiegelluftdruck dient die bekannte Formel

$$x = \frac{v \cdot b}{76\,(1 + 0.003665\, t^0)}.$$

Von den übrigen physikalischen Untersuchungsmethoden Wintrich's sei hier gestattet, vorübergehend der Palpation und anhangsweise der Mensuration zu gedenken. — Für jene,

welche unmittelbar und oberflächlich mit den Finger geübt nicht selten eine werthvolle, ja hinsichtlich des Resistenzgrades, der Verschiebbarkeit, der Mitbewegung normaler aber von Innen krankhaft erregter oder an sich pathologischer Stücke massgebende Unterstützung der Ocularinspection bildet, hat unser Forscher in sinnreicher Combination des mittelbaren Tast- und des Hör-Eindruckes eine akustische Sonde construirt, welche aus einer hölzernen oder elfenbeinernen Ohrplatte, einem durch federnden Schraubendraht daran befestigten, etwa 20 cm. langen silbernen Stäbchen, und der an dessen untres Ende einschraubbaren gekrümmten oder biegsamen Sonde besteht, mit welcher irgendwie zugängliche Innenräume explorirt und hinsichtlich ihres etwaigen Inhaltes unter Beihilfe der, den ihn um- und überfahrenden, Taster begleitenden Gehörperceptionen überraschend sicher gestellt werden können. Beweis dafür ist die auf S. 78 des V. Bds. (1. Abthlg.) von unter Virchow's Redaction bei Ferd. Enke erschienener spec. Pathologie und Therapie (1854) gegebene Erzählung der palpatorisch-acustischen, nach Grösse und Form vollkommen richtigen Bestimmung eines zuvor noch nicht einmal sicher diagnosticirten Blasensteines.

Die Mensuration, für welche sowohl Quain's Stethometer wie Sibson's Chest-Measurer, den Wintrich selbst vereinfachte, zeitraubende und unzuverlässige Instrumente genannt werden, schätzt Letzterer nur als methodisches Uebungsmittel exacter Untersuchung und ordnet es bezüglich der praktischen Resultate dem geübten und scharfen Auge unter, in welchem Urtheil ihm wohl die meisten Aerzte wie Physiker beistimmen. — Die Mensuration fester Punkte und Linien beginnt wissenschaftlich oder systematisch mit Chomel's Bestimmung des Diameter sterno-vertebralis und bezieht sich fast ausschliesslich auf die gesammten oder von einzelnen Punkten eingeschlossenen, normalen oder krankhaft veränderten Thoraxcircumferenzen, deren Mittelwerth in der Jugend wenig unter der obersten Umkreislinie steht, im Alter aber stetig zunimmt, während der oberste Umfang bis zur Involutionsperiode den untren übertrifft; hiebei bleibt es im Allgemeinen auch später, aber die Grösse des Unterschiedes, welche bis zum 14. Jahr bei beiden Geschlechtern ziemlich gleich gewesen war, steigt jetzt am männlichen Brustkorb schon mit erreichtem 25. Jahre fast aufs Doppelte des weiblichen Differenzwerthes. — Pathologisch wichtigst sind die Vergleichungen beider Thoraxhälften, indem oft äussere (z. B. Geschwulst) oder innere (wie: Pneumonie) Ursachen einseitige Erweiterungen und Verengerungen (pleuritische Retraction, tuberculöser Lungenschwund) veranlassen. — Die Mensuration der Thoraxexcursionen nahm Wintrich in ebenso einfacher, als für gewöhnlich befriedigender Weise mittels eines in Centimeter getheilten, an jedem Theilstrich

durchlöcherten Lederbandes vor, an das ein am Ende mit Messingstreifen und Häckchen armirter Kautschukstreifen angesetzt war. Nachdem die einer vollendeten Exspiration entsprechende Circumferenz des Brustkorbes von dem so eingehackten Bande gemessen war, dass es weder drückte, noch rutschte, wurde die von einer tiefen Inspiration hervorgebrachte Erweiterung an der längs der Scala des festen und etwas breiteren Leders leicht und genau erkenntlichen Ausdehnung der Gummilamelle gemessen und weder vom allgemeinen Thoraxumfang noch von den Circumferenzvariationen desselben Brustkastens abhängig gefunden. Krankhafte Verminderung erfährt die Excursion ($^1/_4$—$^4/_5$) bei Vesicularemphysem, Dyspnöe und Asthma, Krampf der Bauchmuskeln oder des Zwerchfelles, Schwäche der Athmungsmusculatur und Schmerzhaftigkeit bei ihrem Gebrauch, Lungen-Tuberculose und -Oedem; Vermehrung der Exspirations-Circumferenz, wenigstens in den untren Thoraxpartien, also Umkehrung der gewöhnlichen Erscheinung bei Laringostenosen und Verstopfung der Luftröhre. Die, jedoch etwas unsichere, Semicircular-Mensuration zwischen Brustbein und Wirbeldornfortsätzen zeigt zwar sowohl in Lungenleiden, als Lähmungen und äusseren Krankheiten oft nicht unbeträchtliche einseitige Verminderungen anderseitige Vergrösserungen der Excursionen, aber sie stehen in keinem bestimmten geraden Verhältniss zu Umfang und Intensität der pathologischen Ursache. —

6) Elektrische Chronoskopie. — Das Verfahren, mittels der Schliessung und Oeffnung elektrischer Ströme sehr kurze Zeiträume genau zu messen, ist auf mehrere physiologische Erscheinungen anwendbar; mit bestem Erfolg benützte es Helmholtz zur Bestimmung des Intervalles vom Reiz- bis zur Zuckungsreaction eines Muskel. — Wheatestone's bei den Schiessübungen der preussischen Artillerie unter General Peuker seit 1838 mit mannigfachen Modificationen im Grossen angewandtes Princip der Chronoskopie lässt ein möglichst sicher gehendes Uhrwerk nur für die Dauer der durch Anfang und Ende eines bestimmten Ereignisses markirten Stromöffnung in Lauf setzen, während ein vom geschlossenen Strom magnetisirtes Eisenstück einen Anker als Sperrhacken angezogen hält. Weil die Variationen der magnetischen Einflüsse nicht streng momentan erfolgen, und das plötzlich ausgelöste Rädersystem kaum Zeit hat, den Beharrungszustand eines regelmässigen Ganges anzunehmen, werden vom Urheber selbst Messungsfehler bis zu $^1/_{60}$ sec. als nicht ausgeschlossen erachtet. Ein Theil wenigstens der Fehlerquellen wurde von der Hipp'schen Einrichtung beseitigt, den Räderlauf selbst vom elektrischen Strom unabhängig zu lassen und dessen magnetisirende Wirkung während des Schlusses bloss mit der Ausschaltung der Zeiger zu beauftragen, welche nur für die Dauer der

Stromöffnung an der Bewegung des Uhrwerkes Theil nehmen. Obwohl hiedurch grössere Gleichförmigkeit in den Versuch kommt, erscheint mir sein Erfolg doch nicht vollkommen sicher. Fallbewegungen allerdings und ähnliche rasch doch sicher verlaufende und verfolgbare physikalische Ereignisse kann ich mit meinem Hipp'schen Apparat auf hundertel Secunden genau bestimmen, aber für feinere physiologische Zwecke ist Pouillet's chronoscopisches Princip geeigneter. Derselbe geht von der in voller Schärfe schwer theoretisch, aber leicht factisch erweislichen Thatsache aus, dass die Galvanometernadel in ihrer Ablenkung nicht bloss von der Stärke, sondern auch von der Einwirkungsdauer des elektrischen Stromes bestimmt wird, demnach aus jener bei Constanz der übrigen Elemente diese gefunden werden kann. Indem er das Centrum einer runden Glasscheibe mit einem Stanniolkreis belegte, von welchem ein 1 mm. breiter Metallstreifen bis an den Rand der Platte lief und nah der Mitte wie dem Rande zwei federnde Elektroden schleifen liess, deren äussere nur während der kurzen mittels der Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe beliebig regulirbaren Berührungszeit mit dem Stanniolradius den Strom schloss, vermochte er durch Combination der Drehungsschnelligkeit und des Centralabstandes der peripherischen Feder gewisse bei einer bestimmten (an sich schwachen) elektromotorischen Kraft unter gleichen Verhältnissen regelmässig eintretende Ablenkungswerthe zu erwerben, welche die quantitativen Grundlagen zur Deutung eines besondren Beobachtungsresultates abgeben. Soweit meine Erfahrung reicht, gewährt dies Princip bloss sichere Anhaltspunkte der Messung, so lang man mit schwächeren Strömen und innerhalb ziemlich enger, dem absoluten Werthe nach vermuthlich von mancherlei äusseren experimentalen Veranstaltungen abhängigen Grenzen operirt. Erzielt man mit einem kleinen Grove'schen Element von 10 cm. Höhe und 5 cm. Weite des Glases für eine Schliessungsdauer von 0.001 sec. eine Ablenkung von 3°, so geht dieselbe bis ungefähr zum vierfachen Werth der in gleichem Verhältniss vorschreitenden Verlängerung der Einwirkungszeit proportional, bei bedeutenderen Variationen der Grössen aber dürfte eine specielle experimentale Festsetzung der Messungs- und Vergleichungsmarken am Platze sein. Pouillet selbst ging bei seinen Versuchen bis zu $^1/_{2250}$ sec. Schlusszeit des Stromes herab, und zeigte zur Berechnung des in Frage stehenden kleinen Zeitraumes t die Anwendbarkeit der Formel $t = \frac{T}{2\pi . a} (\sqrt{b^2 - \alpha^2} - \sqrt{c^2 - \alpha^2})$ worin bedeutet T die volle Schwingungszeit des magnetischen (mit Spiegel zur Fernrohrablesung einer weit abstehenden Scala versehenen) Indicator, a dessen Ablenkung, welche der angewandte Strom bei dauernder Umkreisung hervorbrächte, b die Maximalausweichung des Stabes unter dem kur-

zen Impuls dieser elektrischen Einwirkung, c die Amplitude der vorausgegangenen regelmässigen Schwingung, in welcher der empfindliche Magnet unter der scharfen Controll der angedeuteten Beobachtungsmethode jeder Zeit befunden wird, α den Winkel der Nadel mit dem magnetischen Meridian im entscheidenden Augenblick.

Dies Princip hat unter dem besondren Zweck entsprechenden sinnreichen Modificationen und technischen Vorsichtsmassregeln Helmholtz zur Lösung des Eingangs erwähnten Problemes benützt. In Fig. 46. (nach einer Zeichnung in Wundt's Physlg. schematisch

Fig 46.

vereinfacht) sei a ein Muskel, dessen Nerv b die Reizungselektroden der Inductionsspirale $r\,s$ aufgelegt erhält; unten ist an ihm ein leichter Rahmen eingehackt, der bei e mit einem das Organ schwach streckenden Gewichte belastet, bei d mit einer in Quecksilber (unter adhäsiver Erhebung desselben) tauchenden Platinspitze, bei c mit einer eine Metallunterlage berührenden Goldkuppe versehen ist; der um o drehbare Hebel steht in der Ruhelage so, dass bei n metallische Leitung zwischen der Primärspirale $p\,q$ und der Batterie: 2. hergestellt, nach Niederdrückung bei m mittels t aber diese geöffnet, und dafür der Strom der Batterie: 1. über c und d mit Einschaltung des Magnetometer g geschlossen ist. Indem dies der Beobachter, das Auge an der Fernröhre und die Hand an dem über m schwebenden Metallstift durch Herabbewegung des letzteren bewerkstelligt, ruft er gleichzeitig den der Stromöffnung von: 1. entsprechenden Inductionsreiz auf $r\,s$, wie die momentane Ablenkung von g mittels des Stromes hervor; dieser letztere und seine magnetische Einwirkung dauern aber nur so lang, bis der Muskel der elektrisch-nervösen Erregung antwortend sich verkürzt, denn hiemit kommt c, bald danach auch d ausser Contact mit den metallischen Untersätzen, und wenn auch mit der ungemein schnell dem vorigen Acte sich anschliessenden Wieder-

ausdehnung des Muskel die Berührung bei *c* erneuert wird, gelingt dies doch bei *d* wegen der nur adhäsiven Erhebung zum Platin und nach geschehener Zerreissung eingetretenen tieferen Zurücksinkung des Quecksilbers für die Dauer des nämlichen Versuches nicht mehr. Hiedurch ist derselbe vor den gröberen Fehlern der experimentalen Veranstaltung sicher gestellt, doch noch von so vielen inneren Schwierigkeiten umlagert, dass die Verallgemeinerung der Resultate äusserst vorsichtig geschehen muss. Es verfliesst allemal eine messbare, im Verhältniss der verfügbaren Dimensionen nicht ganz unbeträchtliche Zeit der „latenten Reizung" und da diese verschieden ausfällt je nach den räumlichen Abständen der Angriffstellen am Nerv und vom Muskel, ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung in beiden Organen bestimmbar und ergibt sich für den motorischen Nerven des Menschen zu ungefähr 32 Meter in der Secunde (am Froschnerv 26.4 m., Helmholtz), für den Muskel zu 0.8—1.2 m. (Aeby). Die Fortpflanzung eines Reizes in den sensiblen Nerven lässt sich am lebenden Menschen messen, indem die Schliessung des Zeit messenden Stromes den Erregungseindruck abgibt und eine im Moment der Empfindung ausgeführte Bewegung denselben wieder öffnet; bei einem zweiten Versuch bleiben die auch in den ersten aufgenommenen Phasen: Zeit der bewusst werdenden Empfindung, Anregung der Bewegungsorgane vom Willen, und räumliche Verbreitung seines Impulses unverändert, während man die Elektrodenansätze beliebig und auf hinreichend grossen Strecken variiren kann, um Rechnungsgrundlagen zur Beantwortung der gegenwärtigen Frage zu erhalten; Helmholtz findet desfalls den grossen Werth von 60 m. in 1 sec. (Hirsch und Schelske: 30—34 m.). — Auch die Zeit zwischen einem einbrechenden Reiz und der negativen Schwankung des Muskelstromes wurde in dieser Weise mittels einer der Physiologie angehörigen Technik bestimmt, und zwar durch Helmholtz zu 0.005 sec., während Albert von Bezold aus seinem gelungenen Nachweis eines ebenso grossen Intervalles zwischen Reiz und Erregungsreaction des Nerven schliesst, dass der Anfang der negativen Stromschwankung mit dem Reizungsmoment des Muskels zusammenfällt. —

Eine andre Methode der elektrischen Chronoskopie brachte von Babo mittels des Phonautographen zur Verwirklichung, indem eine an der Zeichnungsfläche der Walze anliegende Spitze von einem hebelartig drehbaren Magnet getragen wird, der erst beim Stromschluss erregt den Stift wegzieht, ihn aber bei der Stromöffnung wieder an die Trommel drückt, welche rasch und gleichförmig rotirend die Marken eines mit der Stromdauer coincidirenden Ereignisses empfängt. Statt des Stiftes kann auch ein in den ent-

scheidenden Momenten überspringender Inductionsfunke die Aufzeichnung besorgen. —

Endlich hat Hankel in Leipzig eine chronometrische Vorrichtung ersonnen und angewendet, an welcher der zur Aufnahme der von zwei durch galvanische Ströme regulirten Hebeln gegebenen Zeichen bestimmte bewegte Körper aus einem Paraffinring besteht, durch Stearinzusatz in seiner Zähigkeit gemildert, mit Alkannawurzel roth gefärbt und in die 8 mm. tiefe, 36 mm. breite Rinne einer 285 mm. im Durchmesser haltenden Messingplatte gegossen. Diese wird in senkrechter Stellung um eine Horizontalachse durch ein Uhrwerk in schnelle gleichmässige Drehung versetzt. Der 5 mm. breite Rand der Scheibe ausserhalb des sorgfältig geebneten Paraffinringes ist graduirt und ein Nonius gestattet die Ablesung auf drei Bogenminuten genau; von letzterem aus überragt ein radial laufendes Lineal, in Millimeter getheilt, den Paraffinring, dessen Marken an der rechten Kante jenes zur Messung eingestellt werden. Zur Herstellung der Zeichen stehen vor der Scheibenvorderfläche in der Höhe des Horizontaldurchmessers, 16.6 mm. von einander entfernt, zwei Hebel, deren oben angebrachte Spitzen ins Paraffin einschlagen, wenn ihre untren Enden von Elektromagneten angezogen werden, deren Kraft von in bestimmten Momenten geschlossenen Strömen erregt wird. Vorrichtungen zur directen Messung der Rotationsgeschwindigkeit, des Stromwechsels, und für Bekämpfung secundärer Störungen lernt man am besten in der Originalabhandlung (Poggendorff's Annalen der Physik 132. Band) kennen; hier scheint die Anführung einiger Anwendungsbeispiele eher passend, als eine allzu detaillirte Instrumentaltechnik. Unter Anderm bestimmte Hankel „die Genauigkeit, mit welcher die Hand auf ein Zeichen eine Marke zu geben vermag.“ Ein auf ein Metallstück fallender Hammer erzeugte einen kurzen lauten Schlag und schloss gleichzeitig mittels Platin-Quecksilbercontact einen Strom, kraft dessen die linke Hebelspitze eine Marke einschlug. „Auf die Wahrnehmung dieses Schlages durch das Gehörorgan drückte ich mit meiner rechten Hand den Hebel des Tasters nieder und schloss dadurch die zweite Kette,“ deren elektromagnetische Wirkung die Aufzeichnung der rechts im Augenblick des Fingerdruckes eingeschlagenen Marke hervorrief. Aus eilf Versuchen folgte, dass der Beobachter „bei gehöriger Aufmerksamkeit und Uebung innerhalb einer Schwankung von noch nicht 0.02 sec. auf das Hören eines scharfen kurzen Schlages oder Tones ein Zeichen mit der Hand durch Druck zu geben vermag.“ — Zur Bestimmung des „Zeitraumes zwischen dem Aufblitzen eines Lichtes und dem Ausüben eines Druckes mit der Hand“ wurde die Oeffnung einer vorher verdeckten gegen den hellen Himmel gerichteten Spalte von einem Hebel ausgeführt, dessen Niederdrückung den einen Strom schloss, den andren aber

der von der Hand bei bewusst werdender Lichtwahrnehmung bewegte Taster. Das Mittel der Beobachtungsintervalle beträgt 0.2057 sec. und die Unsicherheit eines einzelnen Versuches steigt bis auf 0.07 sec., ist also mehr als dreimal grösser, als beim Hören, für welches auch durch Controllexperimente mit mehreren Personen der Durchschnittwerth zwischen organischer Reizung und Reaction nur 0.1505 sec. misst, doch auch in Einzelfällen auf 0.268 sec. stieg. — Um endlich die Zeit zu bestimmen „zwischen einem auf den rechten Vorderarm ausgeübten Drucke und der nach Wahrnehmung desselben mit der Hand dieses Armes ausgeführten Druckbewegung" wurde an jenem ein Platinblech mit Kupferdraht befestigt und die erste Kette so geschlossen, dass ein Gehilfe eine Messingkugel auf das Blech stiess, die zweite aber von der auf Anlass der Empfindung einen Taster niederdrückenden Hand derselben Seite. Drei Versuchsreihen ergaben als Mittel 0.1546 sec. und eine, den Grad der möglichen Unsicherheit begründende, Maximalabweichung von 0.0635 sec. — Nach diesen Angaben, welche natürlich mit der Individualität einigermassen variiren, wäre das Latenz-Intervall am kleinsten, wenn das Ohr, wenig grösser, wenn ein sensibler Hautnerv, nicht unbeträchtlich bedeutender, wenn das Auge als primär gereiztes Organ fungirt, während die Zeichengebung jedesmal von der rechten Hand geschieht. Die Grade der Unsicherheit steigen in derselben Ordnung an, doch erscheint hier das akustische Signal (0.02—0.05 sec.) in überraschend hohem Vortheil; das nachfolgende, dem Druckreiz angehörige, Schwankungsmaximum schliesst sich nicht wie in der ersten Zahlenreihe dem vorigen, sondern mehr dem höchsten Werthe an, der bei der optischen Erregung gefunden ward. — Die auffällig niedren Werthe der dritten Untersuchung sind, wenn man eine Leitung des Reizes in den sensiblen Nervenbahnen zum Centralorgan und eine eben solche peripherische von da im motorischen Bereich annimmt, im Vergleich zu den andren Resultaten der Messbarkeit, resp. dem zeitlichen Einfluss der nervösen Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht günstig, wohl aber dann, wenn kürzere Bahnen reflectorischer Uebertragung physiologischer Acte zulässig erschienen. Die grossen Unterschiede, welche die Benützung des Auges und Ohres zur Schau bringt, haben wohl weniger mit der Nervenleitung zu thun, als mit der bekannten, subjectiv höchst wechselvollen, Verschiedenartigkeit der Erregungsfähigkeit oder Bewusstwerdung, welche den Astronomen die Quelle der persönlichen Beobachtungsfehler eröffnet. —

Von andren hieher gehörigen Bestimmungen wird erwähnt, dass Baxt in der Zeitfolge von einander abweichende Contractionen des Daumenballen erhielt durch successive Reizung des nerv. medianus dicht über dem Handgelenk und am Oberarm; die hiebei mittels eines

Hebels auf das Myographion übertragenenen Curven ergaben eine mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit des nervösen Reizes von 33.9 Meter in der Secunde. —

Leyden und Wittich constatirten eine verlangsamte motorische Leitung in pathologischen Fällen, indem die durch den an ein hörbares Zeichen sich anschliessenden Bewegungsact gemessene Geschwindigkeit der Nervenleitung von Ohr zu Hand an Gesunden in maximo zu 0.175 sec., bei Kranken zu 0.541 sec. gefunden wurde, von Ohr zu Fuss beziehentlich: 0.225 und 0.569 (0.597?) sec. Daraus folgen als normale und krankhafte Leitungsgeschwindigkeiten des extracerebralen Nervensystemes die Werthe 18.5 und 16.4 Meter. — Sind diese an sich schon auffällig klein, so erscheint die Zuverlässigkeit der pathologischen Differenzen jedenfalls noch weit entfernt vom Rechte der Verallgemeinerung; insbesondre ist der Hinweis auf den muthmasslichen Sitz der Hemmung im Coordinationscentrum des verlängerten Markes, wie die Hervorhebung häufiger desfallsiger Erscheinungen bei multipler Sclerose an sich durchaus beachtenswerth, aber nicht geeignet, und wohl auch nicht bestimmt, die etwaige krankhafte Modification der Nervenleitung ein für allemal zu erklären. Vielmehr dürfte in jedem besondrem Falle die erneuerte Prüfung und eine ihren Specialergebnissen angepasste Beurtheilung vorzunehmen, sowie im Allgemeinen nicht zu vergessen sein, dass die vielen Leidenszuständen eigenthümliche Trägheit der Reaction oft weniger in der veränderten Leitung als in geschwächter sensibler Erregbarkeit begründet ist. —

In der jüngsten Zeit mass Schiff in Florenz unter Bezug auf Helmholtz' Beobachtung, dass Reizung des motorischen Apparates viel schneller Bewegung auslöst, als solche des sensiblen durch Reflex die Zeit zwischen der elektrischen Reizung des motorischen Centrums und dem Anfang der entsprechenden Contraction, nachdem experimental das Intervall constatirt war von der Erregung der ischiadicus-Wurzeln zum Beginn der Muskelzuckung, und fand sie 7—11 mal länger, als wenn die ganze durchlaufene Strecke von gleicher Beschaffenheit und demselben Leitungsvermögen wäre, wie der Ischiadnerv von seiner Wurzel bis zum musc. gastrocnemius. —

§. 532. — **Psychophysische Gesetze.** — Eine vollkommene Construction des organischen Lebens nach physikalischen Principien ist zwar zur Zeit nach dem Stande der Forschungsresultate unmöglich und kann gerade von der exacten Untersuchungsmethode nicht einmal in sichere Aussicht gestellt werden, aber einen grossen Theil wenigstens der äusserlichen Lebensphänomene hat diese sich doch unterworfen, und sie braucht nicht einmal an der Schwelle derselben stehen zu bleiben, sondern darf vordringen in jenes Uebergangsgebiet, auf welchem die Wechselwirkung der subjectiven Eindrücke und Reactionen gegenüber den objectiven Ansprüchen zu den eigentlichen Vitalerscheinungen der Individuen und ihrer Gemeinsamkeit führt. Was hinter demselben liegt, das Geheimniss des persönlichen Bewusstseins und seiner unmittelbaren Regungen, ist keineswegs immer bei naturwissenschaftlichen Discussionen ausser Spiel geblieben, deren Verlauf bis zur radicalen Consequenz führte, dass die Annahme solch einer psychischen Reserveregion unnöthig, ja absurd sein möchte, weil nichts auf wissenschaftliche Anerkennung ein Recht habe, was nicht aus stofflichen Grundlagen nach empirischen und calculatorischen Methoden abgeleitet sei. Indess wie man auch über diese Forderung und ihre antipsychologischen Folgerungen denken mag, ob ein selbständiges geistiges Wesen neben dem Naturverlauf angenommen, oder dieser für die angeblich specifischen Leistungen des ersteren ausreichend befunden wird — eine ächt exact - physikalische Entscheidung darüber muss in Abrede gestellt, und sogar deren Möglichkeit fürs Erste bezweifelt werden. — Desto bestimmter ist unter den gegebenen Umständen die unzerreissbare Abhängigkeit aller Gedanken, Gefühle und Willensäusserungen organischer Wesen von ihren besondren materiellen Eigenthümlichkeiten, wie ihr Zusammenhang mit den allgemeinen Naturvorgängen aufrecht zu erhalten und als der einzige Weg zur tieferen Erkenntniss jener in der möglichst vielseitigen und sicheren Erforschung dieser Beziehungen vorgezeichnet zu sehen. Als ein wesentlicher Fortschritt auf demselben erscheint die durch Eigenbeobachtung wie

aus statistischem Material gewonnene Ueberzeugung, dass in der anscheinend freien Welt der psychischen Regungen im Grossen und Ganzen jede Willkür verbannt ist und eine strenge Gesetzmässigkeit herrscht ebensowohl hinsichtlich der Aufnahme, Beurtheilung und Verarbeitung externer Reize, als für die zu Worten und Thaten führende Veräusserlichung innerer Impulse. Die Praxis der psychophysischen Verhältnisse ist natürlich so alt, wie die Menschheit, ihre Wissenschaft aber vor Fechner (1860) vereinzelten gelegentlichen Bemerkungen überlassen worden, deren mannigfache empirische Bewährung und systematische Zusammenfassung zu einem Grundgesetz vorher bloss von E. H. Weber versucht wurde. Das letztere lautet: Gleichen relativen Reizzuwüchsen entsprechen gleiche Empfindungszuwüchse, und findet sich mit wenigen, theils zu speciellen Erklärungen veranlassenden, theils auf Täuschungen zurückführbaren Ausnahmen in allen Arten und Graden der Gefühlsperceptionen bestätigt. Im Bereich seiner Bewährungen ist von wesentlicher Bedeutung, ob und wie weit die Empfänglichkeit für Unterschiede der Eindrücke mit der Empfindlichkeit für absolute Reizgrössen parallel geht und ob an den von äusseren Einflüssen selbst hervorgebrachten Veränderungen der Reizempfänglichkeit auch die Empfindlichkeit der Differenzen Theil nimmt. Nach Fechner's dieser Frage zugewendeten Versuchen ergibt sich das „Parallelgesetz“: Wenn sich die Empfindlichkeit für zwei Reize in gleichem Verhältniss ändert, bleibt sich doch die Empfindung ihres Unterschiedes gleich. — Dieses zweite Gesetz ist mehr als dem ersten nur parallel, es erscheint wirklich solidarisch mit ihm so sehr verbunden, dass dessen streng genommen unter wesentlich veränderten Umständen immer wieder der Prüfung bedürftige Giltigkeit erst durch jenes eine allgemeinere Bedeutung erhält, weil im Lauf der Versuche oder der von selber herantretenden Lebensreize die absolute Empfindlichkeit eine unvermeidliche Modification erfahren wird. — In dritter Linie finden wir auf psychophysischem Gebiet das Gesetz der Schwelle, laut welchem der Anfang wie das Ende der Merklichkeit einer Empfindung einen den Nullzustand um eine endliche Grösse überschreitenden Reizwerth erfordert. Diese Incongruenz der minimalen Reize und Empfindungen führt eben zum Begriff der Schwelle, welche sowohl auf die Grösse der Reize an sich, als auf die unter ihnen vorkommenden Unterschiede und Verhältnisse bezogen werden kann. Die erstere wird erfahrungsgemäss ganz einfach festgestellt, wenn auch nicht im streng quantitativen Sinne, durch allmälige Verkleinerung leuchtender Flächen, Abstandvermehrung tönender Körper, Verdünnung von Farbstoffen, wie riechender oder schmeckender Substanzen, wobei allemal der betreffende sinnenfällige Eindruck früher

verschwindet, als von objectiv-absoluter Vernichtung des ihn auslösenden Reizes die Rede sein kann. Die zweite constatirt man am besten mittels des auf Vergleiche verschiedener Beleuchtungsintensitäten hinauslaufenden Schattenversuches, welcher im Wesentlichen in §. 404. auf S. 416 als Grundlage der Rumford'schen Photometrie geschildert wurde; sobald der Unterschied zwischen der Beleuchtung des einen Schatten und seiner Umgebung sehr klein wird, verschwindet jener für das Auge so gut wie vollständig. Das dritte psychophysische Gesetz wird durch ein viertes ergänzt, laut dessen die Grösse der Unterschiedschwelle mit der Intensität der Reize wächst, wenn auch, wie es scheint, hiebei nicht immer eine einfache Proportionalität gewahrt bleibt. — Um die verschiedenen Bedeutungen des Schwellenbegriffes auseinanderzuhalten, führt Fechner mehrere in ihrer Bestimmtheit die Sprechweise präcisirende und abkürzende Bezeichnungen ein, wie: α für die mit dem eben merklichen Unterschied zusammenfallende absolute Differenzschwelle, ω für die relative Unterschiedsconstante, v für das Verhältniss der Reize, bei welchem die Empfindungsdifferenz die Schwelle überschreitet. Indem die letzte Grösse nach dem vierten Gesetz mit den relativen Reizdifferenzen ansteigt, ist $v = 1 + \omega$ und da ω unter allen Umständen sehr klein bleibt $\log . v = M \omega$, worin M den Modulus bedeutet des Systemes, in welchem $\log(1 + \omega)$ ausgedrückt würde. — Während es sich in den vorstehenden Fällen immer nur um quantitative Differenzen der Reize handelte, deren adäquate Empfindungen beurtheilt werden sollten, können durch Mischung, insbesondre unter den Farben, Eindrücke hervorgerufen werden, bei deren Auseinanderhaltung auch qualitative Elemente ein Wort mitsprechen. Obschon nun in streng physikalischem Sinne auch hier quantitative Werthe den Differenzen zu Grund liegen, und überhaupt das anscheinend rein Qualitative bloss nach der Methode der Messung zum klaren Verständniss gebracht wird, empfiehlt es sich bei gegenwärtiger Sachlage doch, für die betreffenden Fälle ein besondres fünftes Gesetz aufzustellen, dass nämlich das einem bestimmten Reize, wenn er einfach ist, Zugefügte, oder falls er selber schon zusammengesetzt war, von ihm Weggenommene stets eine gewisse Grösse überschreiten muss, damit eine merkliche Modification des primären Eindruckes auftrete. — Die drei letzten Regeln fallen, wenn man wenigstens provisorisch sich gestattet, die qualitativen Eigenthümlichkeiten in quantitativen Unterschieden begründet zu sehen, unter gleichen Gesichtspunkt, wonach sich die psychophysischen Hauptgesetze auf diese drei reduciren: 1) das Weber'sche Grundgesetz, 2) dessen Parallelgesetz, 3) das Schwellengesetz, von denen aber die beiden letzteren eigentlich auch bloss als Erläuterungen und Erweiterungen oder specielle An-

wendungen des ersten, wenn schon bei der fundamentalen Bedeutung ihres besondren Zweckes in ihrer ausdrücklichen Formulirung als durchaus gerechtfertigt erscheinen. —

Wo Messungen, oder auch nur scharfe Vergleiche ausgeführt werden wollen, bedarf es vor Allem einer Masseinheit und einer Verständigung über gewisse Grundbegriffe, welche den betrachteten Thatsachen und ihrer Beurtheilung innewohnen. Erstere sind hier nichts weniger, als sämmtliche Lebensäusserungen des (menschlichen) Organismus, letztere aber soll in jenem universalen wissenschaftlichen Sinne geschehen, vor welchem viele, im gewöhnlichen Leben selbst sehr hoch gehaltene Unterschiede verschwinden, indem nur eine völlig objective und allgemeine Betrachtung der Dinge den für sie aufzustellenden Gesetzen Ansehen und Giltigkeit verleiht. —

Hat nun die physikalische Wissenschaft vom Leben allen direct an stofflichen Medien verlaufenden Erscheinungen das aus widerstehender oder überwältigter Masse und Geschwindigkeit in der Form $\frac{p \cdot c^2}{2g}$ zusammengesetzte Mass der lebendigen Kraft als Werthmesser aufgedrückt mit solcher Bestimmtheit und Allgemeinheit, dass neben diesem Begriff kein weiterer verwandter Platz findet, als derjenige der Spannkraft, keineswegs dem vorigen fremdartig, vielmehr ihn in der Weise ergänzend wie überall im Leben und in der Gedankenwelt Vorbereitung, Vermögen, Möglichkeit und Ausführung, That, Wirklichkeit einander als zusammengehörig gegenüberstehen, dass ferner beide in derselben gemeinsamen Grundlage, nämlich in der Beziehung stofflicher Theile beruhen, dass endlich ihre einzige mechanische Verbindung im Princip von der Erhaltung der Kraft gefunden wird, welches die Constanz der der Welt eigenthümlichen Kraftsumme behauptet, ohne derselben eine factisch ohnedem widerlegte starre Unveränderlichkeit aufzulegen, vielmehr den Wechsel alles Lebens an den beständigen Austausch der zwischen relativ ruhenden in molekularem Gleichgewicht gesättigten Atomen aufgespeicherten Spannkräfte und der an bewegten kleinsten wie grossen Massen zur Geltung kommenden lebendigen Kräfte bindet; so darf auch auf psychophysischem Felde diese Untersuchungsmethode nicht aufgegeben werden, wozu in dem angeblich höheren Charakter der betreffenden Thatsachen, selbst wenn sie die letzte Instanz des wissenschaftlich Erkennbaren bilden sollten, kein Grund liegt. — Die formale Berechtigung des besagten Kraftmasses steht ausser Zweifel, wo immer dessen Elemente: Masse und Geschwindigkeit eine entscheidende Rolle spielen; dies ist aber sicher der Fall, wo irgend welche, selbst anscheinend völlig innerliche, Geistesvorgänge, geschweige denn gar ächt psychophysische Wechselwirkungen vorliegen. Selbst abgesehen von den grössten-

theils unzugänglichen Molekularbewegungen der Nervencentren nehmen psychische Eindrücke wie Reactionen an beweglichen Massen ihren Ablauf und der unmittelbare Kraftverbrauch tieferen Nachdenkens erhält in der unwillkürlichen Einhaltung zuvor ausgeführter körperlicher Thätigkeiten einen höchst überzeugenden sinnenfälligen Ausdruck. — Trotz dieser principiellen Forderungen muss indess zugestanden werden, dass eine specielle Application der besagten Messungsmethode theils am verborgenen Ablauf der wesentlichen Erscheinungen, theils am unmöglichen Nachweis des directen Zusammenhanges secundärer Phänomene und ihrer psychischen Anregung vielfach scheitert, so dass gewissermassen Hilfs- und Zwischenmasse für besondere psychophysische Acte dienen. —

Das Massprincip der Empfindlichkeit, welche unter anscheinender Constanz der wesentlichen Umstände an demselben Subjecte oder Organe namhaft wechselt, kann nur ein indirectes sein, indem die Empfindlichkeit für Reize der Grösse der eine gleich starke Empfindung erweckenden Reize verkehrt proportional gesetzt wird. Theoretisch fällt dies Mass vollkommen unter den Begriff der lebendigen Kraft, denn der Reiz wirkt nur vermittels ihrer und der Fundamentalprocess der ausgelösten Empfindungen, die mechanische Intensität organischer Thätigkeiten entzieht sich bloss wegen technischer Schwierigkeiten der directen Messung. Allerdings lässt sich nicht einmal sagen, ob diese Molekularereignisse der Reizstärke selber einfach proportional sind; es ist diese Kenntniss aber auch so lang entbehrlich, als es sich bloss um die relative Bemessung des Verhältnisses der Empfindung zur Anregung handelt. — Zu dem besprochenen Masse kommt ergänzend das Empfindlichkeitsmass für Reizunterschiede, welchem desshalb eine besondre Bedeutung beigelegt werden muss, weil die Differenz zweier Eindrücke zur noch möglichen Erkennung derselben um so mehr betragen muss, je grösser ihre absolute Stärke ist. — Das mit Vorstehendem keineswegs identische Mass der Empfindung selbst kann, wenn schon ihm die psychische Bedeutung nicht bestritten wird, gleich dem physischen nur in quantitativem Sinne auf die Summirung gleicher Einheitswerthe hinauslaufen, welch letztere freilich nicht als wirkliche Elemente der Empfindung uns zugänglich sind, aber doch in einer äusserlich darstellbaren Form, welche zum psychischen Massprincip in nothwendiger Beziehung steht. Formale Voraussetzung dieses Verfahrens ist die functionelle Verbindung der Reiz- und Empfindungsgrösse, factische Bedingung aber, dass diese Function in der Wirklichkeit begründet sei; beiden Forderungen wird genügt, wenn die fragliche Function aus dem für Reiz und Empfindung gemeinsamen Elementaren hergeleitet und auf die Beurtheilung gleicher oder vergleichbarer Erfahrungen gestützt wird. — „Principiell also wird" (nach

Fechner) „unser Mass der Empfindung darauf hinauskommen, jede Empfindung in gleiche Abtheilungen, die gleichen Incremente, aus denen sie vom Nullzustand an erwächst, zu zerlegen und die Zahl dieser gleichen Abtheilungen als wie durch die Zolle eines Massstabes durch die Zahl der zugehörigen variablen Reizzuwüchse bestimmt zu denken, welche die gleichen Empfindungszuwüchse hervorzubringen im Stande sind.“ —

Zu einer mathematischen Ausdrucksweise der besprochenen Verhältnisse führt uns die Erwägung, dass gleichen Reizdifferenzen gleiche Empfindungsunterschiede entsprechen, und kleine Empfindungszuwüchse den Reizuwüchsen proportional gehen. Bedeutet β den Reiz, so stellt dessen kleinsten Zuwuchs das Differential $d\beta$ dar, und der relative Reizzuwuchs ist der Quotient beider $\frac{d\beta}{\beta}$. Die von β abhängige Empfindung γ hat den Zuwuchs $d\gamma$, der unabhängig von den absoluten Werthen mit $\frac{d\beta}{\beta}$ constant bleibt, demnach $d\gamma = \frac{d\beta}{\beta}$ oder durch Integrirung $\gamma = \log.\beta$; die Grösse der Empfindung steht also nicht zum absoluten Reizwerth, sondern zu dessen Logarithmus in bestimmtem Verhältniss, welches noch präciser dadurch formulirt wird, dass man als Fundamentalreizwerth den Quotienten β durch den Empfindungsschwellenwerth b hinstellt und mit k eine von den gewählten Masseinheiten und vom Logarithmensystem abhängige Constante ausdrückt; wonach $\gamma = k \log \frac{\beta}{b}$. — Aus dieser fundamentalen Massformel folgt diejenige des Empfindungsunterschiedes:

$$\gamma = k\,(\log \beta - \log b)$$
$$\gamma_{,} = k\,(\log \beta_{,} - \log b)$$
$$\gamma - \gamma_{,} = k\,(\log \beta - \log \beta_{,}) = k \log \frac{\beta}{\beta_{,}}. \text{ —}$$

Die mathematische Bedeutung der Schwelle wird richtig gestellt, insofern γ nach der Grundformel nicht für $\beta = o$ verschwindet, sondern für $\beta = b$, indem dann $\gamma = k \log \frac{\beta}{b} = k \log. 1 = 0$. —

Als Massmethoden der Unterschiedsempfindlichkeit sind dreierlei Verfahrungsweisen in Gebrauch. — Am unmittelbarsten bietet sich zu derartigen Versuchen die Bestimmung der kleinsten merklichen Unterschiede in verglichenen Empfindungseindrücken dar, wie sie mehr oder weniger fein gelegentlich wohl einmal jeder auf seine Erfahrungen aufmerksame Mensch vornimmt, mit vollem wissenschaftlichen Bewusstsein aber E. H. Weber im Kreise des Gewicht-, Tast- und Augenmasses, Delezenne auf Tonintervalle an-

wandte. Es handelt sich darum die Minimalgrösse des Reizunterschiedes festzustellen, für welche es gerade noch zu einer differenten Empfindung kommt. Geht man dabei ebenso oft von übermerklichen Graden herab, wie von unmerklichen hinauf, so wird bald eine gewisse Schärfe der Bestimmung gewonnen, welche indess von der persönlichen Uebung und von der angeborenen oder erworbenen, resp. verfeinerten Empfänglichkeit für gewisse Eindrücke abhängt, demnach weder für sämmtliche Arten der letzteren gleich zuverlässig sein kann, noch überhaupt eine völlig unanfechtbare objective Bedeutung besitzt. Jedenfalls ist zu grösserer Garantie richtiger Resultate die Combination dieser Methode mit einer andren rathsam, als welche gewissermassen von selber diejenige der richtigen und falschen Fälle (Vierordt) herantritt. Erfahrungsgemäss wird man nämlich im Bereich sehr kleiner Einwirkungsdifferenzen öfters im Urtheil schwanken und schliesslich dasselbe nach der dem Sachverhalt entgegengesetzten Seite aussprechen. Die Anzahl der falschen Versuchsfälle wird im Allgemeinen mit der Grösse des Reizunterschiedes geringer werden; es muss also einen Werth desselben geben, für welchen das Verhältniss der richtigen und falschen Fälle unter sich oder das der letzteren zur Totalsumme eine gewisse Constanz erreicht, deren Feststellung und Verbindung mit den übrigen Factoren eben von jener zweiten Methode beabsichtigt ist; hiebei sind gänzlich zweifelhafte Fälle halb den positiven, halb den negativen Beobachtungsergebnissen beizuzählen. — Hieran schliesst sich die Methode der mittleren Fehler, womit es folgende Bewandtniss hat. (Volkmann und Fechner). Werden alle Irrungen, welche bei Abschätzung bestimmter Eindrücke geschehen, durch Eruirung der objectiven Grundlagen in Zahlen ausgedrückt und zur Berechnung des arithmetischen Mittels verwendet, so ist dessen Grösse der Empfindlichkeit reciprok. —

Als eine vierte psychophysische Untersuchungsart schlage ich vor die Methode der Nebenumstände oder der secundären Störungen. Bei einschlägigen Messungen scheint mir nämlich eine fundamentale Bedeutung der Grad der Aufmerksamkeit zu haben, welcher zur Erkennung minimaler Reizeindrücke oder zur Unterscheidung kleinster Abweichungen nothwendig und ausreichend ist; die Aufmerksamkeit an sich, als eine intensive Grösse lässt sich so wenig direct messen, wie irgend ein anderer rein psychischer Act, aber mittelbar an den Beziehungen zu externen Ereignissen, welche eine einfache Wahrnehmung durch gleichzeitige heterogene Beanspruchung der Sinne oder der receptiven Fähigkeiten überhaupt stören. Man könnte in diesem Sinne festzustellen suchen, in welchem Masse etwa die Haut unter Herrschaft eines bestimmten

mehr oder weniger verbreiteten Reizes z. B. einer ungewöhnlichen Temperatur stehen darf, um den sensiblen Nerven ein gewisses tactuelles oder Gewichtunterscheidungsvermögen zu bewahren; oder durch welche charakteristische, in ihren Ursachen möglichst abwägbare, Geschmack- und Geruchsimpressionen eine noch eben merkliche psychophysische Leistung der letzteren Sinne beseitigt wird; endlich inwiefern von beigemengten akustisch wie mechanisch constatirbaren Geräuschen die differentielle Empfindung sowohl von Tonstärken, als Intervallen eine Beeinträchtigung erfährt, oder die Schärfe des Augenmasses für räumliche, formale wie chromatische Verhältnisse unter abgemessenen Modificationen der Lichtintensität und Beleuchtungsart leidet. — Ich verhehle mir nicht, dass hiemit eine Complication den psychophysischen Messungsversuchen aufgelegt wird, welche zuletzt auf die Frage nach der simultanen Verarbeitung mehrfacher Reize hinausläuft, aber in Wirklichkeit hat man es immer mit solchen mehr oder weniger offen anerkannten Verwickelungen zu thun, darf also wohl erwarten, ihren absichtlich und künstlich hergestellten Bedingungen gegenüber ebenso zu relativ brauchbaren Resultaten zu gelangen, wie auf dem gleichfalls nur combinatorisch gewonnenen und bebauten Felde der psychophysischen Mensuration sensueller Eindrücke unter Mitwirkung des Gedächtnisses oder der Erinnerung sowie der Verbindung oder Ausschliessung synchron mehrfaltiger Sinneserregungen. Zur weiteren Ausspinnung und speciellen experimentalen Anwendung der Idee scheint in dieser allgemeinen Darstellung von Principien weder Gelegenheit noch Platz geboten, so dass ich die Mittheilung der zuvörderst auf akustischem Gebiete begonnenen Untersuchungen anderwärts mir vorbehalte. —

Absolut einfach sind auch die zuvor erwähnten Methoden der richtigen und falschen Fälle, wie der mittleren Fehler nicht; auch gewähren sie befriedigende Sicherheit der Ergebnisse nur unter mitwirkender Anerkennung des Gesetzes der grossen Zahlen, laut dessen zufällige Irrthümer und Störungen als um so unschädlicher vernachlässigt werden dürfen, je beträchtlicher die Summe der gesammelten Thatsachen ist. Bei erfüllter Forderung recht zahlreicher Erfahrungen haben die besagten Methoden vor der an sich einfacheren weil auf ein einziges Massprincip gegründeten Methode des eben merklichen Unterschiedes den Vortheil der allerdings complicirenden aber bei weiser Verwendung höcht fruchtbaren Variabilität der Differenzen und der möglichen Application der Wahrscheinlichkeitsrechnung. —

Diese mathematische Disciplin macht die statistische Methode in der Medicin und Naturwissenschaft überhaupt wie für psychophysische Untersuchungen erst werthvoll und sicher, soll hier

aber um so weniger zur Darstellung gelangen, als mathematische Elemente so weit thunlich vermieden werden wollten; eine kurze Erwähnung verdient sie indess doch. — Wenn kaum zu bezweifeln ist, was Laplace, der feine Kenner mathematischer Verhältnisse wie ihrer praktischen Beziehungen, sagt, die ganze Summe menschlichen Wissens stütze sich auf die Theorie der Wahrscheinlichkeit, und wenn die Probabilitätsrechnung zur Ergänzung unzulänglicher logischer Methoden dient, so ist kein Feld geeigneter zur Probe, als die Fülle von Thatsachen mit variabler Wahrscheinlichkeit, welche in der Medicin aufgestapelt sind, in welcher bei aller Anerkennung des Morgagni'schen Wunsches: non numerandae sed perpendendae sunt observationes oft Gefahr waltete, an Stelle allgemeiner Gesetze lauter Individualitäten treten zu sehen. — Der directe Probabilitätscalcül, bei welchem alle günstigen wie unförderlichen Umstände des zu berechnenden Ereignisses bekannt oder doch symbolisch formulirbar sind, und dessen Hauptbestimmung die mathematische Wahrscheinlichkeit als Quotient der einer bestimmten Erwartung entsprechenden Fälle a durch die Anzahl aller möglichen Fälle s in dem der Einheit als Symbol der Gewissheit für $a = s$ zustrebenden Ausdruck $\frac{a}{s}$ erscheint, ist fast ausschliesslich im Bereich der Wetten und Spiele anwendbar; der umgekehrte oder eigentlich indirecte Calcül aber, für welchen jene die Betrachtung namhaft erleichternde und verschärfende Voraussetzung wegfällt, passt für das ganze Gebiet der Erfahrungswissenschaften, deren variabel probable Erscheinungen durch je eine Gruppe von Ursachen und Bestimmungsmomenten getragen werden, welche in jeder zulässigen Weise zu combiniren sind; dabei bedarf es keineswegs der vollkommenen Identität aller Einzelumstände, sondern bloss der Gewissheit, dass die Gesammtheit der möglichen Ursachen unveränderlich sei. — Der mittlere Wahrscheinlichkeitsgrad W eines Ereignisses E hängt von der verschiedenen Wahrscheinlichkeit ab, welche jede Ursache dem E verleiht, wie von der Wahrscheinlichkeit dieser Ursache selbst. Sprechen m Fälle für E, n für einen beliebigen andren Fall F und ist $m + n = s$, so kommt für sehr viele vergleichbare Beobachtungen $\frac{m}{s}$ in hohem Grade W nahe, was zwischen den Grenzen $\frac{m}{s} + 2\sqrt{\frac{2mn}{s^3}}$ und $\frac{m}{s} - 2\sqrt{\frac{2mn}{s^3}}$ liegt; diese bilden den mathematischen Ausdruck des möglichen Irrthums, dem Poisson zur Begründung eines genügenden Wahrscheinlichkeitsmasses die Sicherheit von 212 gegen 1 vorschreibt. — Bleibt die Gesammtheit der möglichen Ursachen constant, so kann aus der mittleren Wahrscheinlich-

keit, welcher die Statistik das Material liefert, die voraussichtliche Grenze einer späteren Untersuchung berechnet werden; ist dagegen die Gesammtheit der Ursachen variabel, so kann jene Grenze in der Empirie der Einzelfälle namhaft überschritten werden; auch werden die Probabilitätsquotienten anscheinend gleicher Ereignissreihen bei mehreren statistisch-calculatorischen Bestimmungen verschieden ausfallen können, aber die Differenz der betreffenden Zahlenverhältnisse $\frac{m}{s}$ und $\frac{m_{\prime}}{s_{\prime}}$ bleibt unterhalb $2\sqrt{\frac{2\,mn}{s^3} + \frac{2\,m_{\prime}n_{\prime}}{s_{\prime}^{\,3}}}$, und diese zulässige Grenze der Differenzen ist um so kleiner, je grösser m und $m_{\prime}$ sind. — Im Besondren hängt natürlich die wünschenswerthe Zahl constatirter Beobachtungen vom ganzen Charakter der Phänomene ab; sind diese von nothwendigen physikalischen Ursachen bedingt, wie die Ablenkung der Magnetnadel vom elektrischen Strom, so hält Poisson 10 wohl ermittelte Fälle zur Ueberzeugung der constanten Wiederkehr des Ereignisses für genügend. In der Medicin oder ihrer physikalischen Begründung ist diese Voraussetzung auf physiologischem und psychophysischem Felde oft erfüllt, innerhalb der practischen Gebiete der Diagnose und Therapie aber nur unvollkommen, so dass hier die Statistik und Probabilität zu besondrer Vorsicht sich veranlasst sieht. Uebereinstimmung unter den Krankheitsfällen, Sicherheit der Diagnose, Eintheilung der Varietäten nach bestimmten Principien, genaue Einhaltung eines therapeutischen Planes, Abhaltung zufälliger Störungen sind die Hauptbedingungen einer guten medicinischen Statistik. Eine gewisse Regelmässigkeit der allgemeinen Verhältnisse ist hiebei gemeinsame Grundlage aller Einzeluntersuchungen, deren Vergleichbarkeit sogleich aufhört, wenn ein Wechsel sporadischer, endemischer oder epidemischer pathologischer Charaktere eintritt. Für sich betrachtet bilden aber natürlich gerade solche abnorme und excessive Ereignissreihen einen wichtigen Gegenstand statistischcalculatorischer Untersuchung, deren Augenmerk besonders den Einflüssen gebührt, welche sociale Zustände, physische Bedingungen des Lebens, öffentliche wie private Gesundheitspflege, geographische Lage, Jahreszeit, Klima und Witterung auf den Organismus äussern, und deren Abwägung um so mehr erschwert ist, als neben der Variabilität der erwähnten äusserlichen Einwirkungen der innere Körperzustand selber zwischen gewissen Grenzen schwankende Reactionen zeigt. Nie darf vergessen werden, dass die Wahrscheinlichkeitsrechnung zwar das Dasein einer pathogenetischen Ursache nicht aber deren essentielle Bedeutung und relative Stellung unter andren möglichen Actionsfactoren bestimmen kann; indem mit einer Sicherheit von 212 gegen 1 darauf zu rechnen ist, dass, wenn p die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses E und q diejenige für F ist,

$\frac{m}{s}$ (in obigem Sinne) zwischen $p \pm 2\sqrt{\frac{2pq}{s}}$ liegt, deutet eine namhafte Ueberschreitung dieser Grenzen des Häufigkeitsverhältnisses auf eine das abnorm oft eintretende Ereigniss begünstigende Ursache, welche nach solcher Methode z. B. Annesly in der feuchten Jahreszeit Bengalens für das maximum, in der kalten für das minimum der Dysenterie fand. — Die grossen Mathematiker der Probabilität, Daniel Bernoulli (specimen theoriae novae de mensura sortis, 1738) Laplace, Poisson vergessen nicht die vom practischen Tact jeder Zeit hochgehaltene Unterscheidung der zahlenmässigen und moralischen Wahrscheinlichkeit, des absoluten und relativen Werthes, der „fortune physique et morale." Ist x der physische Glückszustand (Besitz) einer Person, dx sein Zuwachs, so bedeutet $\frac{kdx}{x}$ die hiemit gegebene Steigerung des moralischen Glückgefühles, für welches also jener nur wirksam wird, wenn er zum vorhandenen Vermögen proportional ist. Man sieht, dass auch hier Weber's Gesetz eine der unmittelbaren Empfindungsbemessung durchaus analoge Anwendung findet, wie denn die Einfachheit seines Ausdruckes, seine unbefangene Entnahme von den fundamentalsten Beziehungen der Anregungen und Reactionen, seine natürliche Angemessenheit auf den nothwendigen Verlauf psychophysischer Acte eine Universalität der Giltigkeit ihm verbürgt, welche auf fraglichem Gebiete bloss von einer zweiten thatsächlichen Bestimmung über die Verbindung von Reizen und Gefühlen getheilt wird, zwar nicht eigentlich vom Charakter eines psychophysischen Gesetzes, weil keine directe Messung daran geknüpft werden kann, doch vom Werthe einer elementaren Definition des physiologischen Ueberganges physikalischer Ereignisse. Für letztere ist es auf einigen Gebieten völlig zweifellos, auf andren höchst wahrscheinlich, dass der wesentliche Ablauf einen oscillatorischen Charakter trägt; die Schwingung des Aether, als Träger des Lichtes und der Wärme, welcher wir in gröberer Form als Vermittler des Schalles und vieler mechanischer Ansprüche begegnen, spielt wohl nicht bloss auch in den elektrischen Erscheinungen eine massgebende Rolle, sondern wird als factisches Phänomen mit der theoretischen Consequenz, die Bewegung als Grundlage alles natürlichen Geschehens anzuerkennen, an der Schwelle der Welt und des Bewusstseins einzige Aussicht haben, das Verständniss sensueller und psychophysischer Nervenfunctionen an sich, wie ihrer Uebernahme oder Beantwortung äusserlicher Reize zu eröffnen. Dies ist keineswegs eine vage Vermuthung, sondern wissenschaftlich angedeutet in der Thatsache der oscillatorischen Erregung, welche den mechanischen Varia-

tionen jedes einzelnen Schwingungsablaufes adäquat die momentanen Stösse nicht nur zu einer endlichen Empfindungsgrösse summirt, sondern auch deren Einfluss auf die Art der letzteren in einer Weise bemisst, deren beliebiger Verfeinerung und Modification fähige Analogie in der Klangfarbe des Tones vorliegt. Aus dieser psychologisch kaum anfechtbaren und physikalisch wohlbegründeten Annahme, nach der Fechner die Quantität jeder Empfindung, deren Qualität an eine gewisse Bewegungsform geknüpft ist, aus der Summe des Quantitativen herleitet, was die in diese Form eingehenden Bewegungsmomente dazu beitragen, fliesst das letzte Gesetz alles dessen, was wir in und um uns erfasslich finden, also der ganzen erst damit lebenden Natur: das Gesetz des ewigen Wechsels. —

Sachregister.

(Die beigesetzten Zahlen bezeichnen die Seitenzahlen.)

*) Im Text steht als letzter Buchstabe fälschlich: m statt: n.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

Namenregister.

(Die beigesetzten Zahlen bezeichnen die Seitenzahlen.)

C.

D.

H.

J.

K.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

---

*) Im Text steht fälschlich: Royer. **) Im Text steht fälschlich: Roth.

T.

U.

V.

Berichtigungen.

S. 22	Z. 20	von	oben	soll stehen:	radial statt: radical.
" 25	" 17	"	unten	" "	beträchtliche st. beträchtige.
" 48	" 4	"	"	" "	Diffusibilität st. Diffusibiliät.
" 67	" 13	"	"	" "	jedem st. jeden.
" 75	" 19	"	"	" "	Runkel st. Run.
" 112	" 16	"	oben	" "	ihrem st. seinem.
" 188	" 12	"	nnten	" "	Molecular st. Molecur.
" 245	" 10	"	oben	" "	welchem st. welchen.
" 280	" 3	"	"	" "	verglich st. vergleich.
" 283	" 12	"	"	" "	einen st. einer.
" 340	" 2	"	"	" "	A. st. B.
" 352	" 7	"	"	" "	das st. des.
" 493	" 10	"	"	" "	eine st. ein.
" 519	" 12	"	unten	" "	5° C. st. 55° C.
" 557	" 10	"	oben	" "	dass st. das.
" 558	" 18	"	"	" "	27° s. st. 27° n.